

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
793-1**

Quatrième édition
Fourth edition
1992-11

Fibres optiques

**Partie 1:
Spécification générique**

Optical fibres

**Part 1:
Generic specification**



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

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1992

Withdrawn

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
793-1**

Quatrième édition
Fourth edition
1992-11

Fibres optiques

**Partie 1:
Spécification générique**

Optical fibres

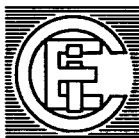
**Part 1:
Generic specification**

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

Articles

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

SECTION 2 : MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

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

SECTIONS 3: MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

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

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9

SECTION 1: GENERAL

Clause

1.1 Scope	13
1.2 Object	13
1.3 Definitions	13
1.4 Categories of optical fibres	13
1.5 Optical fibre properties	17
1.6 Preparation of samples	17
1.7 Categories of test and measuring methods	17

SECTION 2: MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

2.1 Object	19
2.2 Reference surface	21
2.3 Concentricity error	21
2.4 Tolerances	21
2.5 Operational definitions	21
2.6 Method IEC 793-1-A1 – Refractive index profile	23
2.7 Method IEC 793-1-A2 – Near field light distribution	41
2.8 Method IEC 793-1-A3 – Four concentric circles	45
2.9 Method IEC 793-1-A4 – Mechanical diameter measurement	49
2.10 Method IEC 793-1-A5 – Mechanical length measurement	53
2.11 Method IEC 793-1-A6 – Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse	53

SECTION 3: MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS

3.1 Object	63
3.2 Operational definitions	63
3.3 Physical defects	65
3.4 Method IEC 793-1-B1 – Optical fibre proof test	67
3.5 Method IEC 793-1-B2A – Tensile strength for short lengths of optical fibres	75
3.6 Method IEC 793-1-B2B – Tensile strength for long lengths of optical fibres	77
3.7 Method IEC 793-1-B4 – Abrasion	77
3.8 Method IEC 793-1-B5 – Visual inspection	77
3.9 Method IEC 793-1-B6 – Strippability	77

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

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

SECTION 4: MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION AND OPTICAL CHARACTERISTICS

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

Articles

Pages

SECTION 5: MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES
D'ENVIRONNEMENT

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

SECTION 6: CONDITIONNEMENT

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

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

Annexes

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

Tableaux

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

SECTION 5: MEASURING METHODS FOR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

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

SECTION 6: PACKAGING

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

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

Annexes

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

Tables

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES

Partie 1: Spécification générique

AVANT-PROPOS

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

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

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES

Part 1: Generic specification

FOREWORD

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

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

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

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

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

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

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

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

La CEI 793 comporte les parties suivantes:

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

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

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

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

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

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

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

Annex A forms an integral part of this International Standard.

Annex B is for information only.

IEC 793 comprises the following parts.

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

Part 2: Product specifications, published in 1989.

The following IEC publications are quoted in this standard.

Publications Nos. 68-1 (1982): Environmental testing, Part 1: General and guidance.

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

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

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

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1992

FIBRES OPTIQUES

Partie 1: Spécification générique

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application

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

1.2 Objet

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

1.3 Définitions

A l'étude.

1.4 Catégories des fibres optiques

1.4.1 Classe A – Fibres multimodales

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

Le profil d'indice normalisé est donné par la formule

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

où

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

et

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

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

a = rayon de coeur

OPTICAL FIBRES

Part 1: Generic specification

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope

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

1.2 Object

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

1.3 Definitions

Under consideration.

1.4 Categories of optical fibres

1.4.1 Class A - Multimode fibres

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

The normalized index profile is expressed as:

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

where:

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

and:

$n(x)$ = refractive index at x

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

a = core radius

Tableau 1 – Catégories de fibres multimodales

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

1.4.2 Classe B – Fibres unimodales

Les fibres unimodales sont caractérisées par les paramètres suivants.

1.4.2.1 Diamètre du champ de mode

Voir article 4.23.

1.4.2.2 Longueur d'onde de coupure

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

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

1.4.2.3 Dispersion totale

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

La dispersion totale peut provenir de:

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

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

Table 1 - Categories of multimode fibres

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

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

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

1.4.2 Class B - Single-mode fibres

Single-mode fibres are characterized by the following parameters.

1.4.2.1 Mode field diameter

See clause 4.23.

1.4.2.2 Cut-off wavelength

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

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

1.4.2.3 Total dispersion

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

Total dispersion can arise as a result of:

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

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

1.4.2.4 Catégories des fibres unimodales

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

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

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

NOTES

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

1.4.3 Autres classes de fibres

Pour examen ultérieur.

1.5 Propriétés des fibres optiques

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

1.6 Préparation des échantillons

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

1.7 Catégories d'essais et de méthodes de mesure

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

1.4.2.4 Categories of single-mode fibres

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

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

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

NOTES

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

1.4.3 Other classes of fibre

For future consideration.

1.5 Optical fibre properties

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

1.6 Preparation of samples

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

1.7 Categories of test and measuring methods

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

SECTION 2: MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

2.1 Objet

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

Les dimensions des fibres optiques doivent être déterminées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 3. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être tels qu'indiqués dans la spécification particulière. Il est clair que ce tableau englobe toutes les catégories de fibres, mais que les essais ne sont pas tous applicables à n'importe quelle catégorie de fibre.

Tableau 3 – Dimensions des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-A1A	Champ proche réfracté	Diamètre du cœur Diamètre de gaine
CEI 793-1-A1B	Interférométrie transversale	Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 793-1-A2	Répartition de la lumière en champ proche	Diamètre du cœur Diamètre de gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 793-1-A3	Quatre cercles concentriques	Diamètre du cœur Diamètre de gaine Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 793-1-A4	Mesure mécanique du diamètre	Diamètre de gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités
CEI 793-1-A5	Mesure mécanique de la longueur (à l'étude)	Longueur de la fibre
CEI 793-1-A6	Retard d'impulsion transmise et/ou réfléchi	Longueur de la fibre
CEI 793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Longueur de fibre

SECTION 2: MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

2.1 Object

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

The dimensions of the optical fibres shall be determined by subjecting samples to tests selected from table 3. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification. It should be clear that this table encompasses all categories of fibres, but not all tests are applicable to any one fibre category.

Table 3 – Dimensions of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-A1A	Refracted near field	Diameter of core Diameter of cladding
IEC 793-1-A1B	Transverse Interference Method	Non-circularities Concentricity errors
IEC 793-1-A2	Near field light distribution	Diameter of core Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities Concentricity errors
IEC 793-1-A3	Four concentric circles	Diameter of core Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 793-1-A4	Mechanical diameter measurement	Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities
IEC 793-1-A5	Mechanical length measurement (under consideration)	Length of fibre
IEC 793-1-A6	Delay of transmitted and/or reflected pulse	Length of fibre
IEC 793-1-C1C	Backscattering technique	Length of fibre

NOTES

- 1 La technique du champ proche réfracté est une application directe de la définition du coeur 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 coeur.
- 3 La méthode des quatre cercles concentriques est un essai de conformité, basé normalement sur la répartition de la lumière en champ proche. Elle n'est pas valable pour mesurer les valeurs réelles des dimensions des fibres.
- 4 Pour les dimensions liées à la partie transmission des fibres unimodales (c'est-à-dire diamètre du champ de mode, concentricité du champ de mode) voir section 4: Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission.
- 5 Pour des raisons pratiques, le diamètre du coeur des fibres unimodales n'est normalement pas spécifié.
- 6 Une définition du diamètre du coeur des fibres unimodales est à l'étude.

2.2 Surface de référence

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

2.3 Erreur de concentricité

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

2.4 Tolérances

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

2.5 Définitions opérationnelles

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

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

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

où:

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

n_1 est l'indice de réfraction maximal, et

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

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

NOTES

- 1 The refracted near field technique is a direct application of core definition based on the refractive index profile. This method gives the refractive index profile from which the dimensions and numerical aperture can be calculated.
- 2 With the near field light distribution the dimensions obtained are correlated to the refractive index profile, but are not strictly in accordance with the definition of core diameter.
- 3 The four concentric circles method is a compliance test normally based on near field light distribution. It is not valid for measuring the actual values of fibre dimensions.
- 4 For dimensions linked to transmission part of single-mode fibres (i.e. diameter of mode field, concentricity of mode field) see section four: Measuring methods for optical and transmission characteristics.
- 5 For practical reasons, the core diameter of single-mode fibres is not normally specified.
- 6 A definition of the core diameter of single-mode fibres is on study.

2.2 Reference surface

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

2.3 Concentricity error

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

2.4 Tolerances

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

2.5 Operational definitions

2.5.1 Definition of multimode fibre diameter

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

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

where:

n_2 is the refractive index of the homogeneous cladding

n_1 is the maximum refractive index, and

k is a constant commonly called the "k factor"

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

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

NOTES

- 1 De façon typique, $k = 0,025$ pour les techniques ajustées de mesure de profil ou pour la méthode de mesure du champ proche transmis non ajustée est équivalent à $k = 0$ pour la méthode de mesure du champ proche transmis avec ajustement.
- 2 Pour ce qui concerne les fibres présentant des profils d'indices de réfraction ayant une région de transition progressive au niveau de leur limite cœur/gaine, une valeur de $k = 0,05$ pour la méthode de mesure du champ proche transmis non ajustée est équivalente à $k = 0$ pour la méthode de mesure du champ proche transmis avec ajustement.

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

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

2.6.1.1 Objet

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

2.6.1.2 Appareillage

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

2.6.1.2.1 Source

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

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

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

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

2.6.1.2.2 Optique d'injection

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

It is recommended that curve fitting be used with both the index profiling and the TNF techniques to improve the measurement precision of the core diameter.

NOTES

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

2 For fibres with refractive index profiles that have gradual transition region at their core/cladding boundary, a value of $k = 0,05$ for the unfitted TNF method is equivalent to $k = 0$ for the fitted TNF method.

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

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

2.6.1.1 Object

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

2.6.1.2 Test apparatus

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

2.6.1.2.1 Source

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

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

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

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

2.6.1.2.2 Launch optics

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

2.6.1.2.3 *Cellule à liquide d'indice*

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

2.6.1.2.4 *Détection*

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

2.6.1.3 *Préparation de l'échantillon*

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

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

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

2.6.1.4 *Procédure*

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

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

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

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

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

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

2.6.1.4.2 *Étalonnage de l'équipement*

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

2.6.1.2.3 *Liquid cell*

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

2.6.1.2.4 *Sensing*

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

2.6.1.3 *Sample preparation*

A length of fibre of about 1 m is required.

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

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

2.6.1.4 *Procedure*

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

2.6.1.4.1 *Fibre index profile plot*

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

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

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

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

2.6.1.4.2 *Equipment calibration*

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

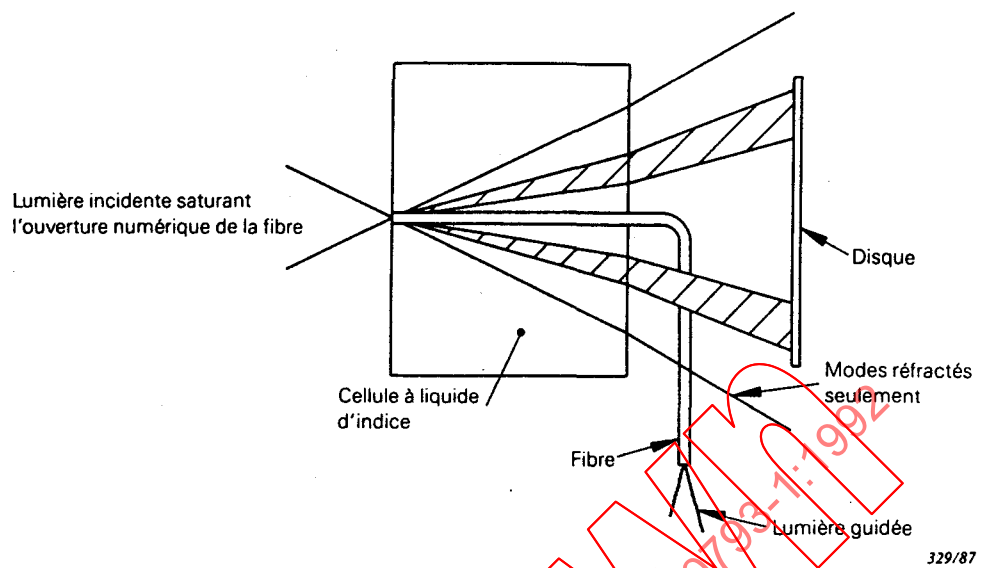


Figure 1 – Technique du champ proche réfracté – Représentation schématique

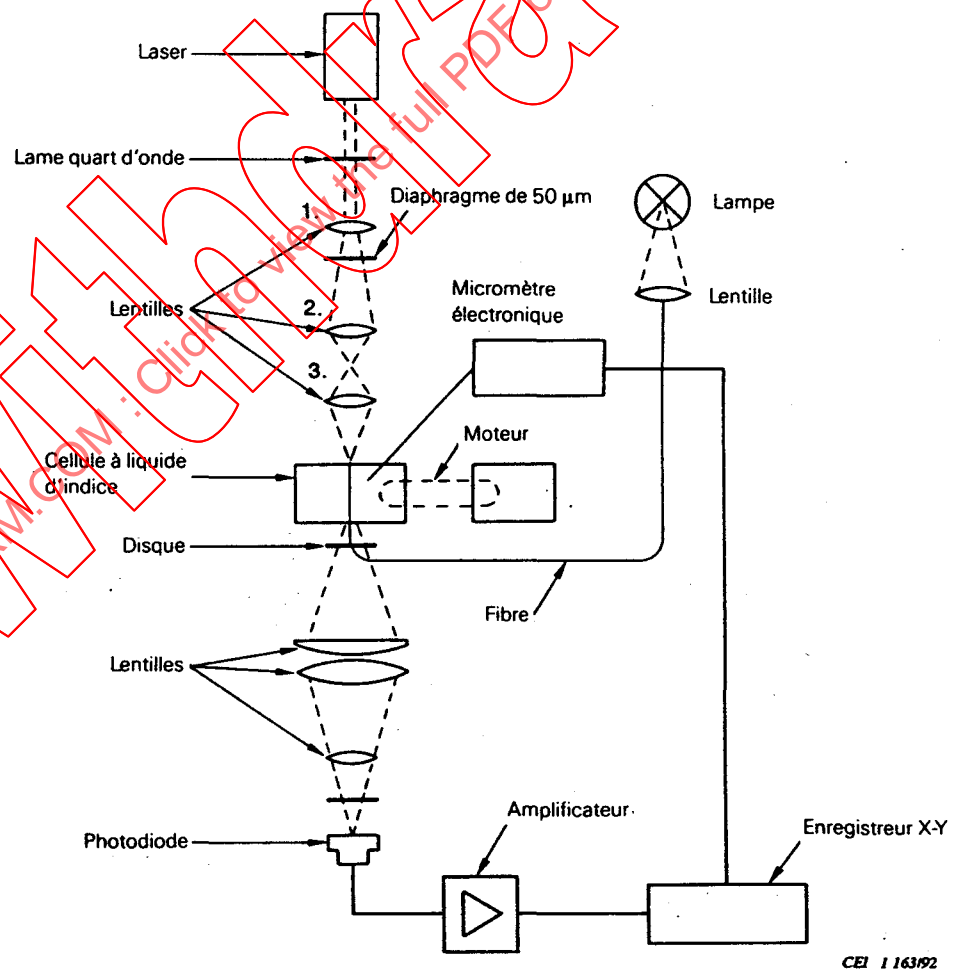


Figure 2 – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté

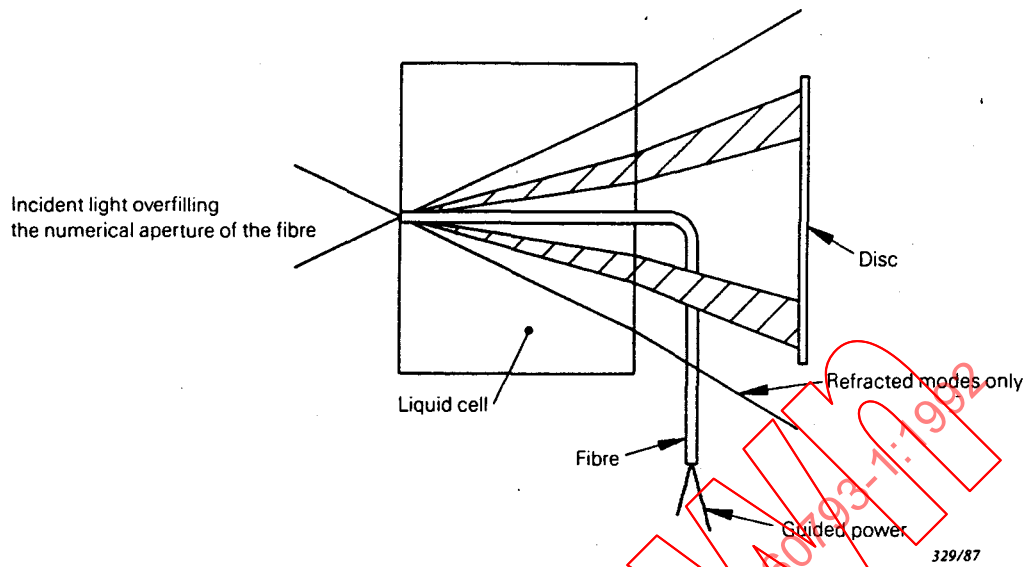


Figure 1 – Refracted near field technique – Schematic diagram

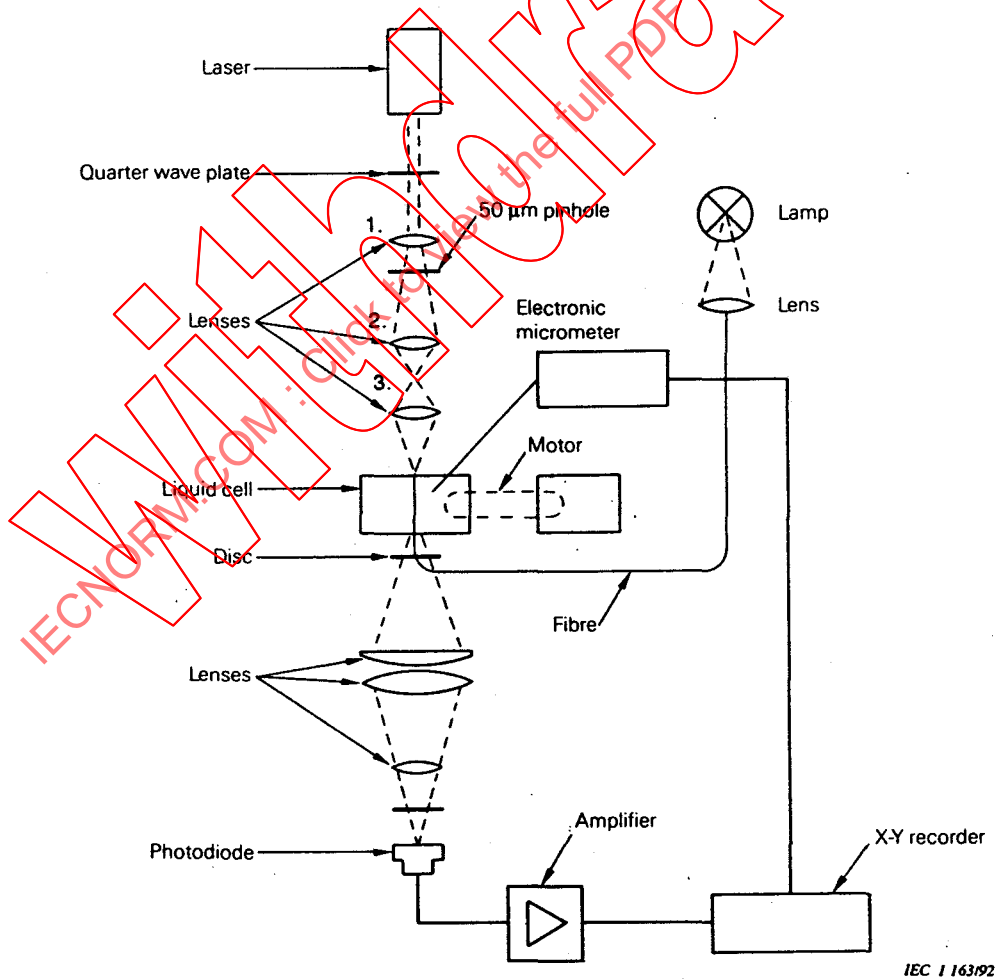


Figure 2 – Typical arrangement of the refracted near field test set

2.6.1.4.3 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

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

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

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

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

2.6.2.1 Objet

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

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

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

2.6.2.2 Appareillage

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

2.6.1.4.3 Results

The following details shall be presented:

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

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

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

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

2.6.2.1 Object

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

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

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

2.6.2.2 Apparatus

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

2.6.2.2.1 *Microscope interférentiel de lumière transmise*

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

2.6.2.2.2 *Caméra et moniteur de télévision*

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

2.6.2.2.3 *Numériseur vidéo*

Cet ensemble fonctionne avec la caméra et l'ordinateur de façon à ce que le champ de sortie du microscope, tel que vu par la caméra, puisse être numérisé. L'ordinateur adresse un emplacement sur le vidicon de la caméra et le numériseur renvoie à l'ordinateur un nombre binaire, par exemple à 8 bits, indiquant la nuance de gris au niveau de l'emplacement adressé. L'emplacement du point en cours de codage est indiqué sur le moniteur par un curseur point qui sert d'aide à l'opérateur.

2.6.2.2.4 *Calculateur programmable et traceur*

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

2.6.2.3 *Echantillon en essai*

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

2.6.2.4 *Procédure d'essai*

2.6.2.4.1 *Préparation*

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

2.6.2.2.1 *Transmitted light interference microscope*

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

2.6.2.2.2 *Television camera and monitor*

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

2.6.2.2.3 *Video digitizer*

This unit operates with the camera and computer controller so that the output field of the microscope as seen by the camera can be digitized. The computer addresses a location on the camera vidicon and the digitizer returns to the calculator e.g. an 8-bit binary number indicating shade of grey at the addressed location. The location of the point being encoded is indicated by a dot cursor on the monitor as an operator aid.

2.6.2.2.4 *Programmable calculator and plotter*

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

2.6.2.3 *Test sample*

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

2.6.2.4 *Test procedure*

2.6.2.4.1 *Preparation*

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

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

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

2.6.2.4.2 Calculs

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.6.2.4.2 Calculations

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

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

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

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

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

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

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

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

La procédure d'ajustement détermine les valeurs Δn_0 , g et a qui donnent le meilleur ajustement au profil réel. Dans la procédure d'ajustement, seules les données entre 0,15 a et 0,95 a sont utilisées pour éviter les perturbations inacceptables dues aux irrégularités de limites coeur/gaine et du trou central d'indice. Il est admis d'utiliser une valeur nominale de a pour déterminer les limites d'ajustement de la courbe.

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

2.6.2.5 Résultats

2.6.2.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies:

- Intitulé de l'essai.
- Date de l'essai.
- Identification de l'échantillon d'essai.
- Données de l'essai.
- Humidité relative et température ambiante.

2.6.2.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- Désignation de l'échantillon.
- Numéro de la procédure.
- Condition de l'essai.
- Longueur d'onde centrale et largeur spectrale (pleine largeur mi-hauteur) de la lumière d'éclairage.
- Interféromètre à une seule passe ou à double passe.
- Critère d'échec ou d'acceptation.

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

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

2.6.2.5 Results

2.6.2.5.1 The following information shall be reported:

Title of test.

Test date.

Test sample identification.

Test data.

Relative humidity and ambient temperature.

2.6.2.5.2 The following information shall be available:

Sample Description.

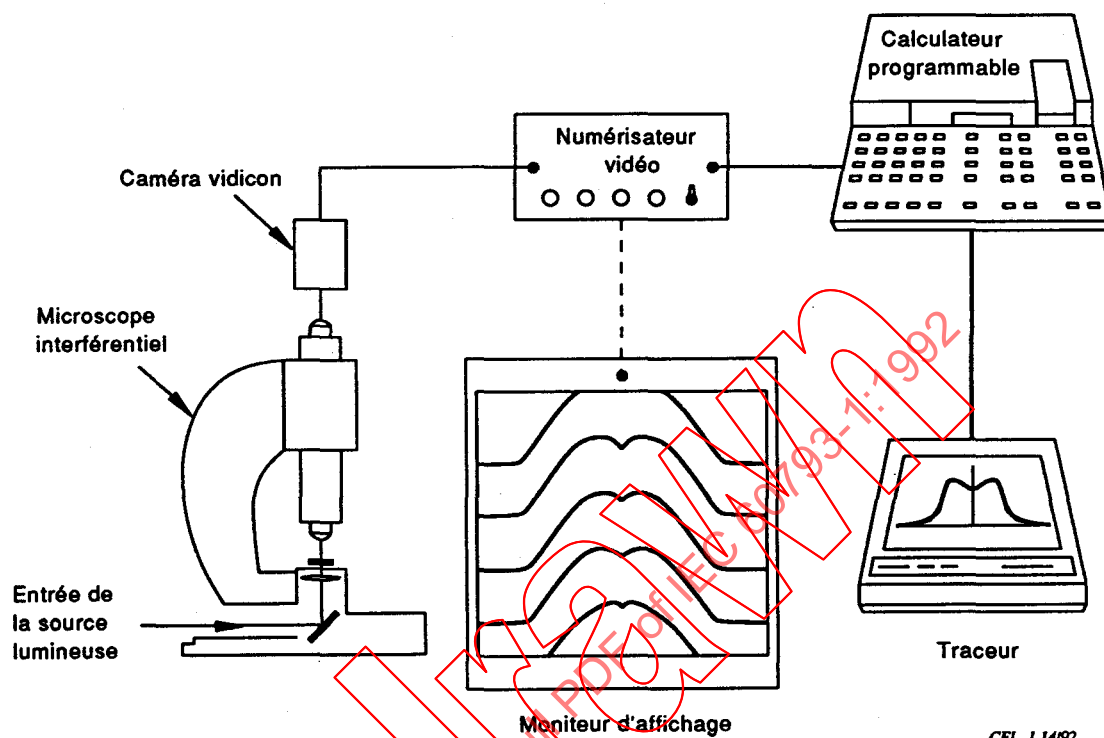
Procedure Number.

Test Condition.

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

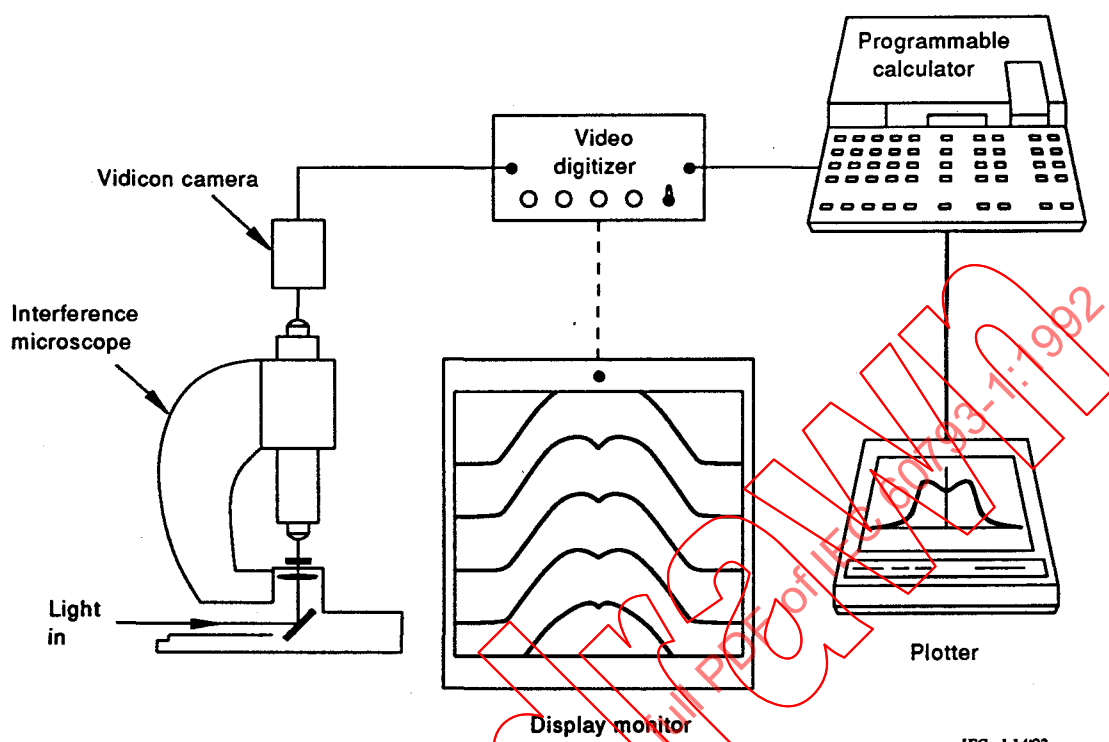
Single Pass or Double Pass Interferometer.

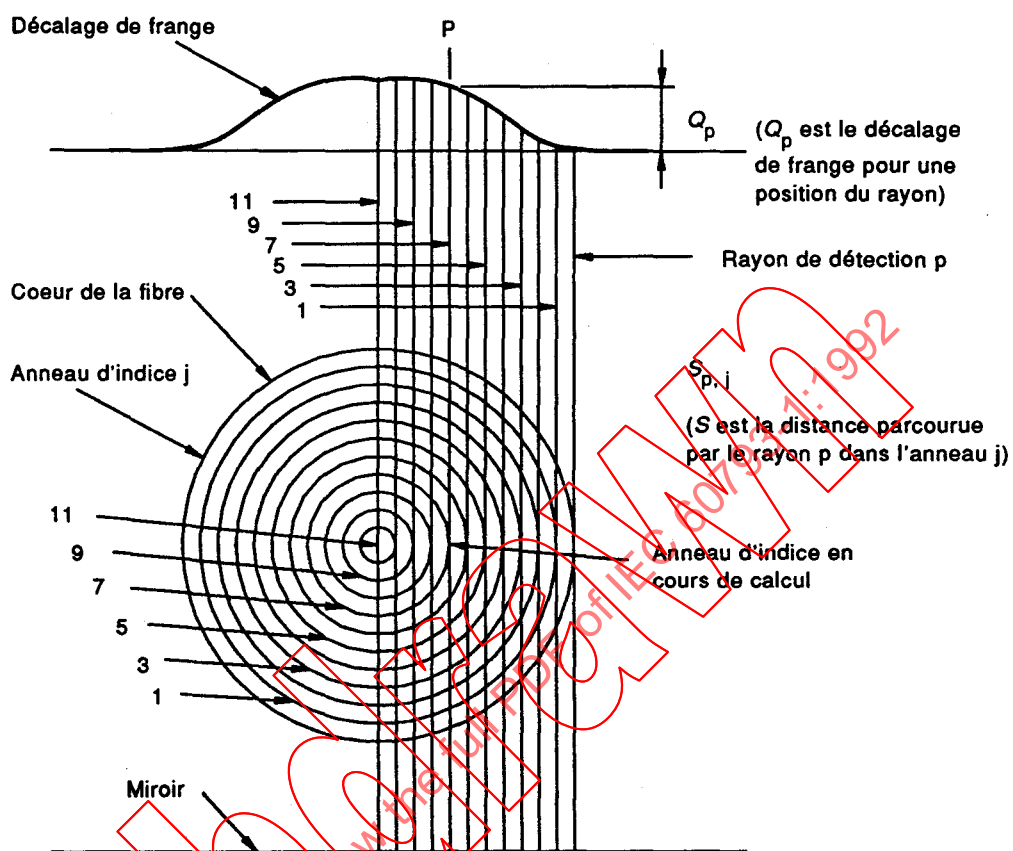
Failure or Acceptance Criteria.

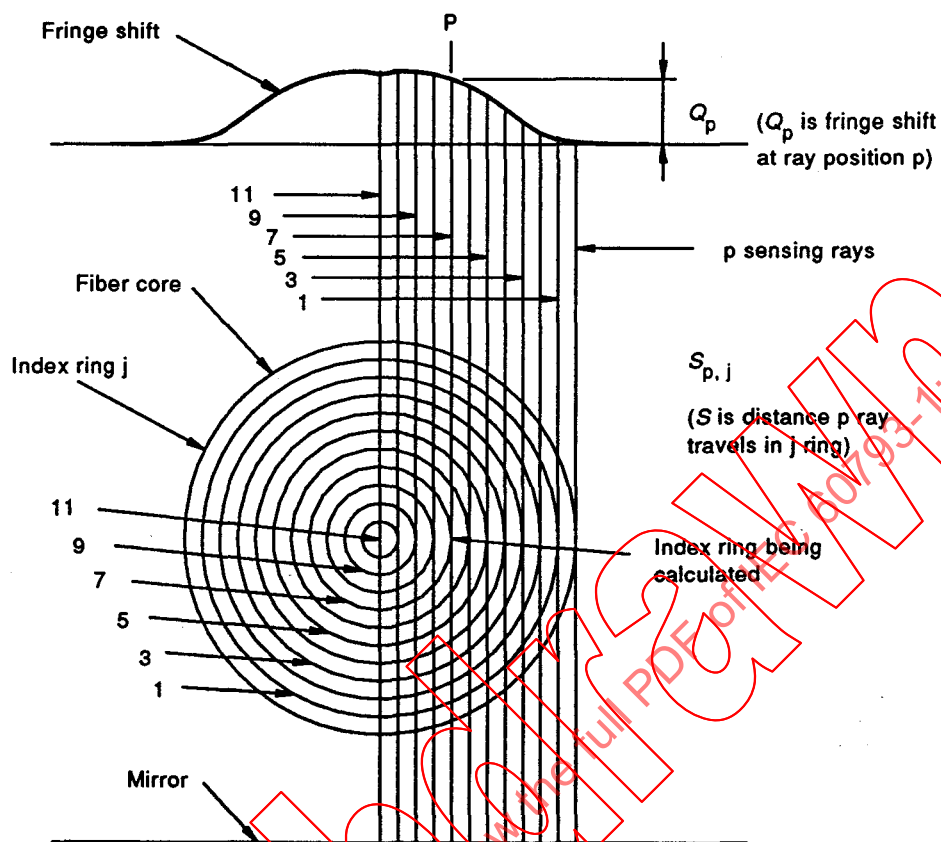


CEI 11492

Figure 3 – Appareillage d'essai







IEC 116592

Figure 4 – Refractive index profile - Ring pattern

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

2.7.1 *Objet*

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

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

2.7.2 *Préparation de l'échantillon*

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

2.7.3 *Appareillage*

2.7.3.1 *Source lumineuse*

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

2.7.3.2 *Systèmes de détection*

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

2.7.3.2.1 *Microscope*

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

2.7.3.2.2 *Microscope équipé d'un appareil photographique*

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

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

2.7.3.2.3 *Analyseur vidéo*

Le microscope décrit en 2.7.3.2.1. peut être équipé d'une caméra vidéo. Le signal issu de celle-ci peut être examiné visuellement sur un moniteur de télévision ou envoyé sur un analyseur vidéo afin de recueillir les informations complètes sur le champ proche issu de la fibre.

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

2.7.1 Object

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

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

2.7.2 Sample preparation

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

2.7.3 Apparatus

2.7.3.1 Light source

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

2.7.3.2 Detection systems

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

2.7.3.2.1 Microscope

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

2.7.3.2.2 Microscope with a photographic camera

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

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

2.7.3.2.3 Video analyzer

The microscope described in 2.7.3.2.1 may be equipped with a TV camera. The output signal of the camera can be sent to a TV monitor for visual inspection or to a video analyzer in order to record the complete output near field of the fibre.

2.7.3.2.4 *Détecteur à balayage*

La caméra vidéo décrite en 2.7.3.2.3. peut être remplacée par un photodétecteur diaphragmé, pour effectuer un ou plusieurs balayages du champ proche issu de la fibre. Le signal issu de ce détecteur est envoyé sur un enregistreur XY.

2.7.4 *Procédure*

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

2.7.4.1 *Examen visuel par méthode microscopique*

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

2.7.4.2 *Méthode microscopique avec enregistrement photographique*

- a) L'intensité de l'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 coeur et la gaine.
- b) L'agrandissement total de l'image doit être déterminé par photographie d'une échelle étalonnée connue, par exemple d'un micromètre de la platine porte-objets.
- c) La dimension de l'image photographique doit être supérieure à 30 mm x 30 mm. Le paramètre à mesurer doit être déterminé à partir de la dimension de l'image et de l'agrandissement.
- d) Si l'on utilise une échelle comme indiqué en 2.7.3.2.2., une échelle transparente doit être placée sur les photographies pour estimation.

2.7.4.3 *Technique microscopique avec analyseur vidéo*

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

2.7.3.2.4 Scanning detector

The TV camera described in 2.7.3.2.3 can be replaced by a pinhole photodetector, to make one or several scans of the fibre output near field. The signal of the detector is sent to a XY recorder.

2.7.4 Procedure

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

2.7.4.1 Microscope technique with visual inspection

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

2.7.4.2 Microscope technique with photography

- a) The intensity of the front and back illumination, the shutter speed, "f" stop and a film shall be selected to obtain a clear photograph, for example clearly showing the boundary between core and cladding.
- b) The overall image magnification shall be determined by photographing a scale of known calibration such as a stage micrometer.
- c) The size of the photographic image shall be more than 30 mm x 30 mm. The parameter to be measured shall be determined from the size of the image and the magnification.
- d) When using a scale as described in 2.7.3.2.2, a transparent scale shall be placed upon the photographs and judged.

2.7.4.3 Microscope technique with a video analyzer

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

2.7.4.4. Technique microscopique avec détecteur à balayage diaphragmé

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

2.7.5 Documentation

Les renseignements suivants doivent être fournis:

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

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

2.8.1 Objet

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

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

Les quatre cercles concentriques forment deux zones annulaires avec les diamètres

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

ce qui définit un gabarit de tolérances.

2.7.4.4 Microscope technique with a pinhole scanning detector

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

2.7.5 Documentation

The following data shall be presented:

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

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

2.8.1 Object

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

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

The four concentric circles form two rings with the diameters:

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

which define the tolerance field.

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

2.8.2 Préparation de l'échantillon/sélection

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

2.8.3 Appareillage

2.8.3.1 Source lumineuse

Voir 2.7.3.1.

2.8.3.2 Microscope

Voir 2.7.3.2.1.

2.8.3.3 Microscope équipé d'un appareil photographique

Voir 2.7.3.2.2.

2.8.3.4 Analyseur vidéo

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

2.8.3.5 Détecteur à balayage

Voir 2.7.3.2.4.

2.8.3.6 Masque

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

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

L'une des méthodes suivantes peut être appliquée:

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

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

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

2.8.2 Sample preparation/selection

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

2.8.3 Apparatus

2.8.3.1 Light source

See Sub-clause 2.7.3.1.

2.8.3.2 Microscope

See Sub-clause 2.7.3.2.1.

2.8.3.3 Microscope with a photographic camera

See Sub-clause 2.7.3.2.2.

2.8.3.4 Video analyzer

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

2.8.3.5 Scanning detector

See Sub-clause 2.7.3.2.4.

2.8.3.6 Mask

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

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

One of the following methods can be applied:

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

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

2.8.4 Procédure

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

2.8.5 Documentation

Les renseignements suivants doivent être fournis

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

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

2.9.1 Objet

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

2.9.2 Domaine d'application

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

2.9.3 Appareillage d'essai

2.9.3.1 Généralités

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

2.9.3.2 Appareillage

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

2.8.4 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).

2.8.5 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.

2.9 Method IEC 793-1-A4 – Mechanical diameter measurement

2.9.1 Object

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

2.9.2 Scope

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

2.9.3 Test apparatus

2.9.3.1 General

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

2.9.3.2 Apparatus

Refer to the schematic diagram of the test apparatus (Figure 5).

2.9.3.2.1 *Palpeurs*

Il y a deux palpeurs, l'un fixe et l'autre monté sur une plate-forme de précision. Les faces des palpeurs sont parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction du mouvement de la plate-forme. Elles sont faites d'un matériau dur, résistant à la corrosion tel que l'acier inoxydable ou la silice fondue.

2.9.3.2.2 *Plate-forme de précision*

La plate-forme de précision supporte le palpeur mobile et le rétroréflexeur pour le système de micromètre électronique. La plate-forme est déplacée par une vis micrométrique et elle est maintenue au contact de la vis par des ressorts. L'action des ressorts tend à rapprocher les palpeurs.

2.9.3.2.3 *Système de micromètre électronique*

Un système de micromètre électronique tel qu'un interféromètre double de Michelson peut être utilisé avec un rétroréflexeur pour mesurer avec précision le mouvement de la plate-forme et par conséquent du palpeur mobile.

2.9.3.2.4 *Supports d'échantillon*

Ils maintiennent l'échantillon entre les faces des palpeurs.

2.9.3.3 *Procédure*

2.9.3.3.1 *Principe de la mesure*

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

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

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

2.9.3.3.2 *Mesure*

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

2.9.3.2.1 *Anvils*

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

2.9.3.2.2 *Precision stage*

The precision stage holds the movable anvil and the retroreflector for the electronic micrometer system. The stage is moved by a micrometer screw: the stage is held against the screw by springs. The springs act to pull the anvils together.

2.9.3.2.3 *Electronic micrometer system*

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

2.9.3.2.4 *Specimen supports*

These support the specimen between the faces of the anvils.

2.9.3.3 *Procedure*

2.9.3.3.1 *Principle of measurement*

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

For example, for a 125 μm diameter fused silica fibre this force is typically 0,2 N for anvils with a length of contact of 1 mm along the fibre.

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

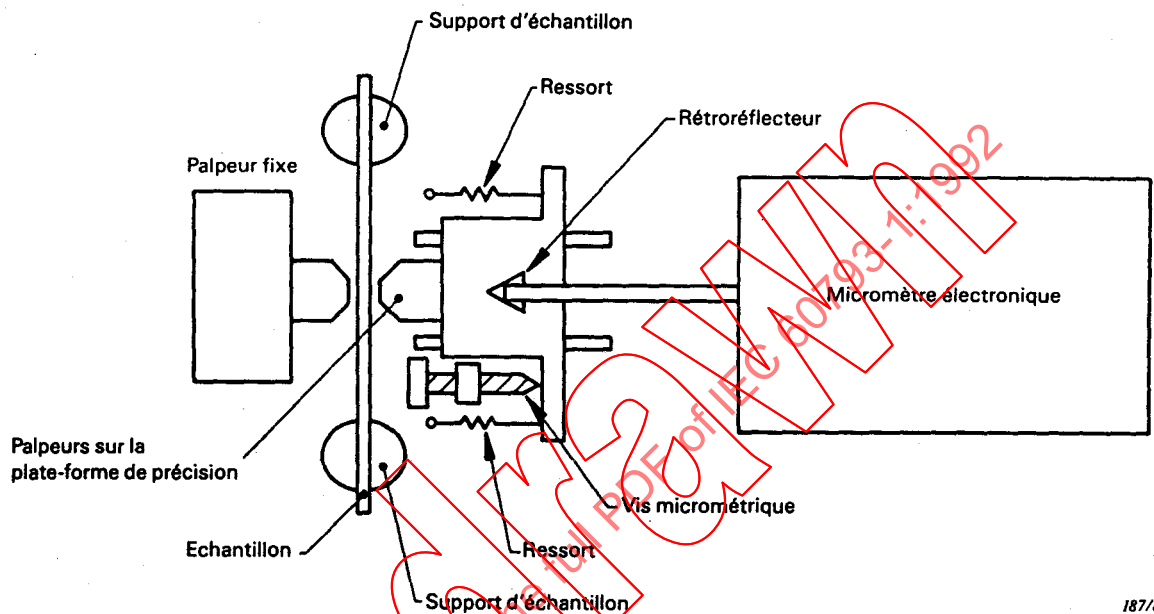
2.9.3.3.2 *Measurement*

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

2.9.3.4 Résultats

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

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



187/88

Figure 5 – Vue de dessus du système de micromètre électronique

2.10 Méthode CEI 793-1-A5 – Mesure mécanique de la longueur

A l'étude.

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

2.11.1 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.

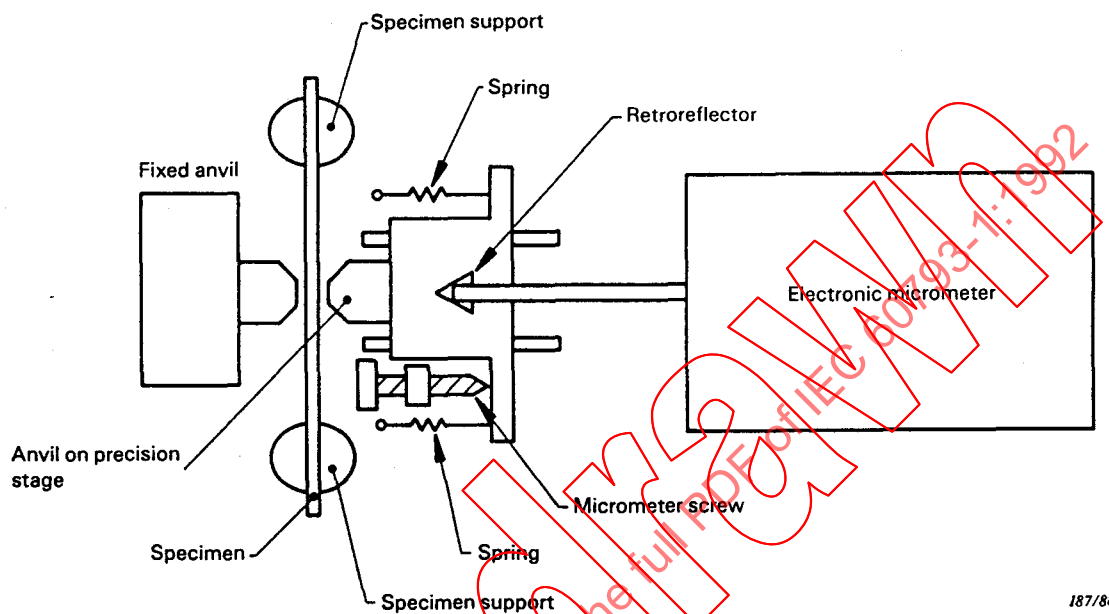
En variante, cette méthode peut convenir pour mesurer l'indice de groupe d'une fibre de longueur connue. En pratique, cette méthode de mesure de la longueur de la fibre est étalonnée par rapport à une longueur connue d'une fibre de même type.

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.

2.9.3.4 Results

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

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



187/88

Figure 5 - Top view of electronic micrometer system

2.10 Method IEC 793-1-A5 – Mechanical length measurement

Under consideration.

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

2.11.1 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 shall be known for the evaluation of the transmission characteristics such as losses and bandwidths.

2.11.2 Principe

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

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

où

Δt est le temps de retard, et

c est la vitesse de la lumière dans le vide.

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

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

2.11.3 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).

2.11.4 Appareillage

2.11.4.1 Généralités

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

- mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise (Δt mesuré);
- 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 6.

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.

2.11.4.2 Source optique

- 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.

- 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 réglable en largeur. Le temps entre deux impulsions doit être plus long que le temps de transmission de l'impulsion transmise (Δt , avec le compteur) ou rétrodiffusée ($2 \Delta t$, avec l'équipement de rétrodiffusion). La longueur d'onde et la largeur spectrale doivent être enregistrées.

2.11.2 Principle

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

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

where:

Δt is the time delay, and
 c the velocity of light in vacuum.

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

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

2.11.3 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).

2.11.4 Apparatus

2.11.4.1 General

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

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

Two different arrangements corresponding to the two techniques applying a sampling oscilloscope, are illustrated in figure 6.

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.

2.11.4.2 Optical source

- a) Measurement with the sampling oscilloscope

An optical pulse generator shall 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 shall be recorded.

- b) Measurement with a counter or a backscattering apparatus

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

2.11.4.3 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.

2.11.5 Procédure

a) Etalonnage

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

b) Valeur moyenne de l'indice de groupe

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

c) Mesure de la longueur

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

2.11.5.1 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 est la longueur de la fibre (m)

Δt est le temps de transmission ou de réflexion (ns)

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

N est l'indice de groupe moyen

2.11.6 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 méthode de mesure indépendante de la longueur réelle de la fibre en utilisant la méthode de l'oscilloscope à double trace (voir figure 7).

** Facultatif.

2.11.4.3 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.

2.11.5 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 Δt gives the average value N of the group index of the fibre.

c) Length measurement

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

2.11.6 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 is the fibre length (m)
- Δt is the transmission or reflection time (ns)
- c is the light velocity in vacuum (m/ns)
- N is the average group index

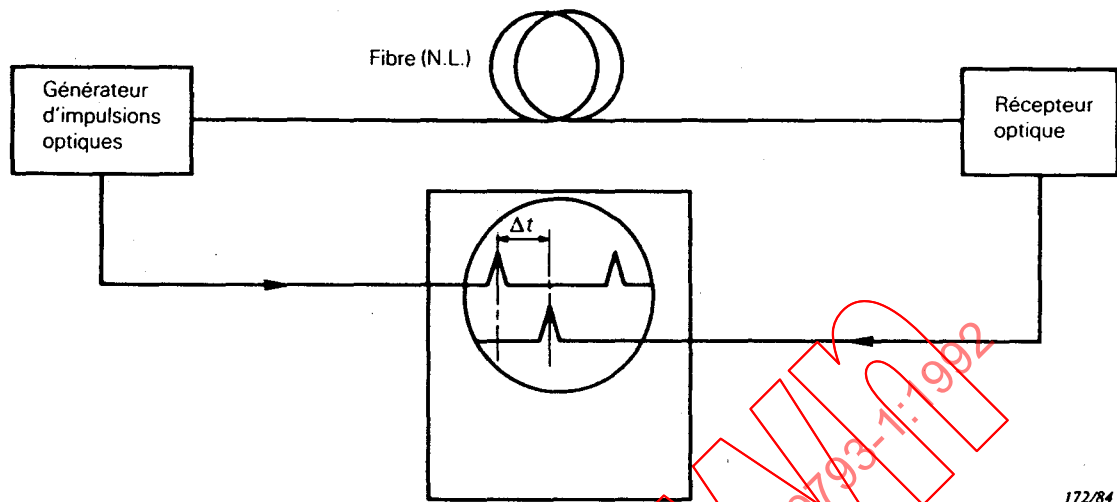
2.11.7 Documentation

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.

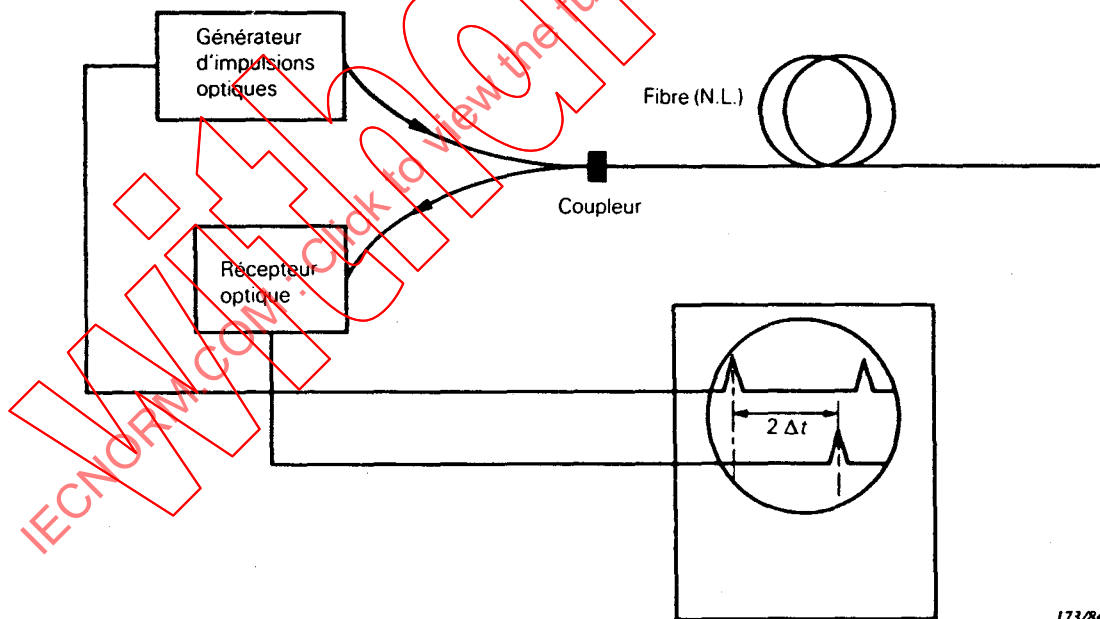
* An important practical improvement can be achieved in making the accuracy of the measurement independent from the actual length of the fibre by means of a dual channel oscilloscope method (see Figure 7).

** Optional.



172/84

Figure 6a – Mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise



173/84

Figure 6b – Mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchi

Figure 6 – Mesure de la longueur de fibre par la mesure du temps de propagation d'impulsions optiques

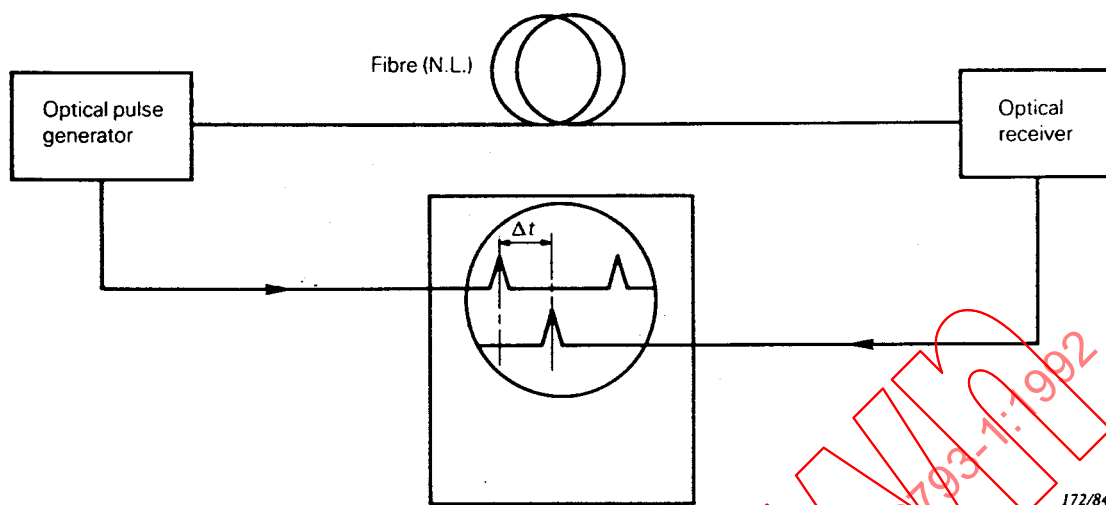


Figure 6a – Time measurement of the transmitted pulse

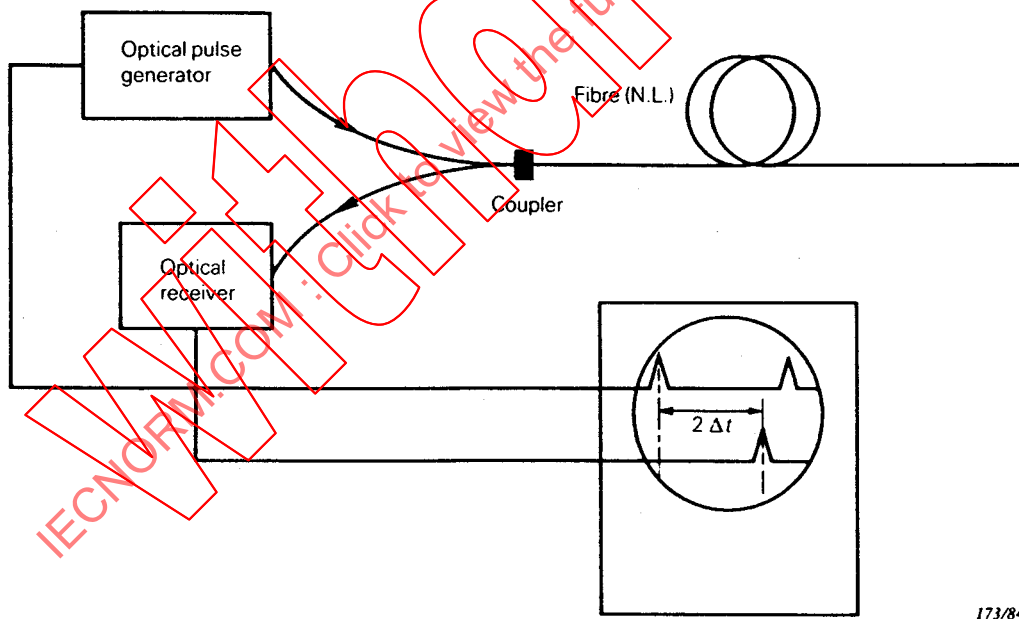


Figure 6b – Time measurement of the reflected pulse

Figure 6 – Measurement of fibre length by propagation time of optical pulses

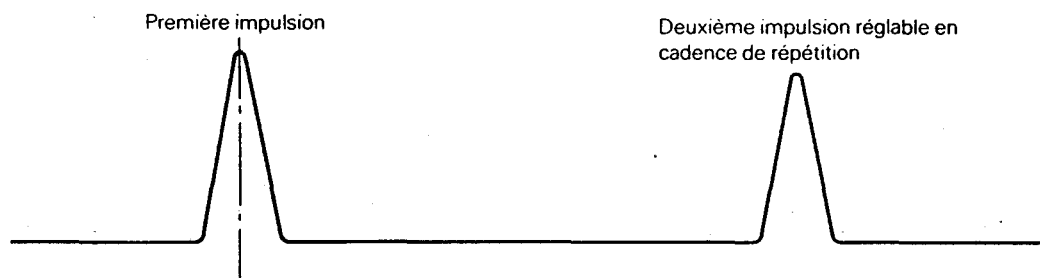


Figure 7a – Voie 1 – Impulsion émise

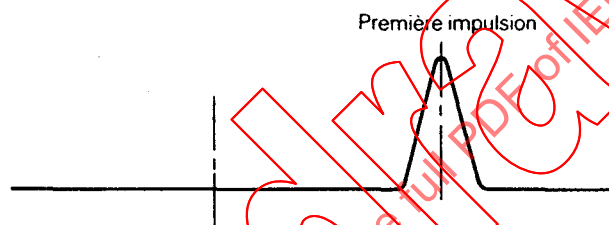


Figure 7b – Voie 2 – Impulsion transmise

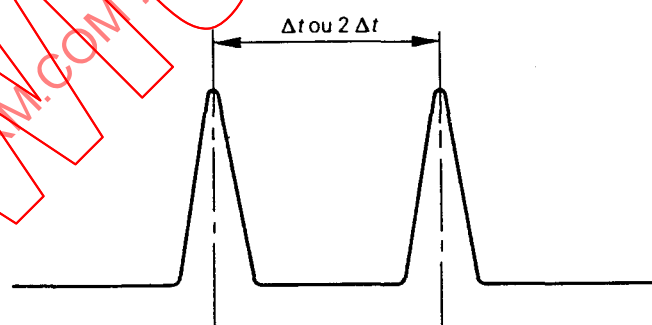


Figure 7c - Voie 1: Impulsion émise après que la cadence de répétition eut été réglée pour que la deuxième impulsion de la voie 1 soit en coïncidence temporelle avec l'impulsion transmise de la voie 2

Figure 7 – Principe de la mesure de la longueur de fibre

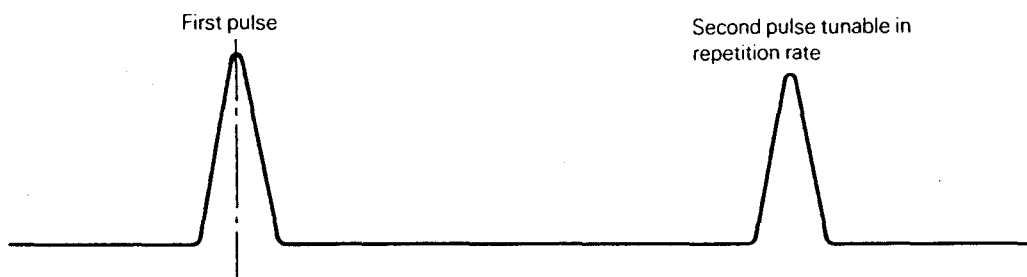


Figure 7a – Channel 1: Emitted pulse

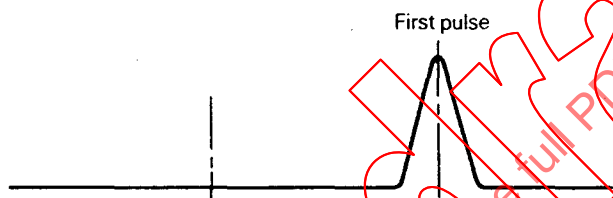


Figure 7b – Channel 2: Transmitted pulse

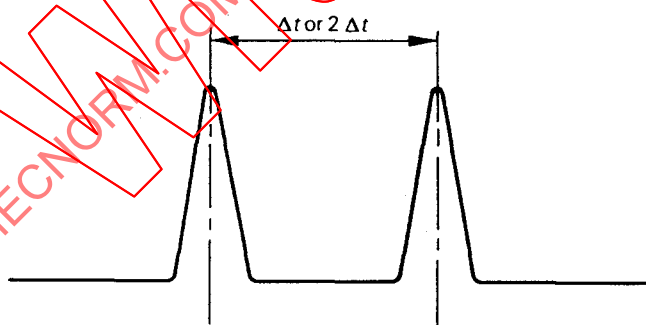


Figure 7c – Channel 1: Emitted pulse after adjustment of the repetition rate in such a way that the second pulse in channel 1 coincides with the transmitted pulse of channel 2

Figure 7 - Principle of fibre-length measurement

SECTION 3: MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

3.1 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 4. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être ceux qui sont indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 4 – 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 793-1-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 793-1-B4*	Abrasion	Facilité de manipulation
CEI 793-1-B5* CEI 793-1-C1C	Examen visuel Méthode de rétrodiffusion	Défauts physiques
CEI 793-1-B6	Dénudabilité	Dénudabilité

* A l'étude.

3.2 Définitions opérationnelles

3.2.1 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 α à température et humidité ambiantes, la profondeur d'une fissure croît selon une loi proposée par Charles:

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

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

où

K_1 est le facteur d'intensité de la contrainte

Y est le facteur de forme (constant)

α est la contrainte

n est la susceptibilité à la corrosion (constant)

a est la profondeur de la fissure

A est la constante de proportionnalité déterminée par expérience

SECTION 3: MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS

3.1 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 commercial purposes.

The mechanical characteristics of optical fibres shall be verified by subjecting samples to tests selected from table 4. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

Table 4 - Mechanical characteristics of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-B1	Optical fibre proof test	Mechanical strength
IEC 793-1-B2A	Tensile strength for short length of fibre	
IEC 793-1-B2B*	Tensile strength for long length of fibre	
IEC 793-1-B4*	Abrasion	Ease of handling
IEC 793-1-B5*	Visual inspection	Physical defects
IEC 793-1-C1C	Backscattering technique	
IEC 793-1-B6	Strippability	Strippability

* Under consideration.

3.2 Operational definitions

3.2.1 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 α 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 $K_1 = Y\alpha a^{1/2}$

where

K_1 is the stress intensity factor

Y is the shape factor (constant)

α is the stress

n is the stress corrosion susceptibility (constant)

a is the flaw depth

A is the proportionality constant, to be determined by experiment

b) Par exemple

Toutefois, pour les relations commerciales, il convient d'admettre qu'après avoir passé un essai de sélection sous contrainte α_1 , la profondeur de la fissure n'ayant pas dépassé la valeur a_c , (c'est-à-dire la valeur pour laquelle la fracture de la fibre apparaît) par la suite, si la fracture de la fibre doit être évitée, la contrainte α_2 appliquée (pour $t > t_2$) doit rester en dessous de α_1 .

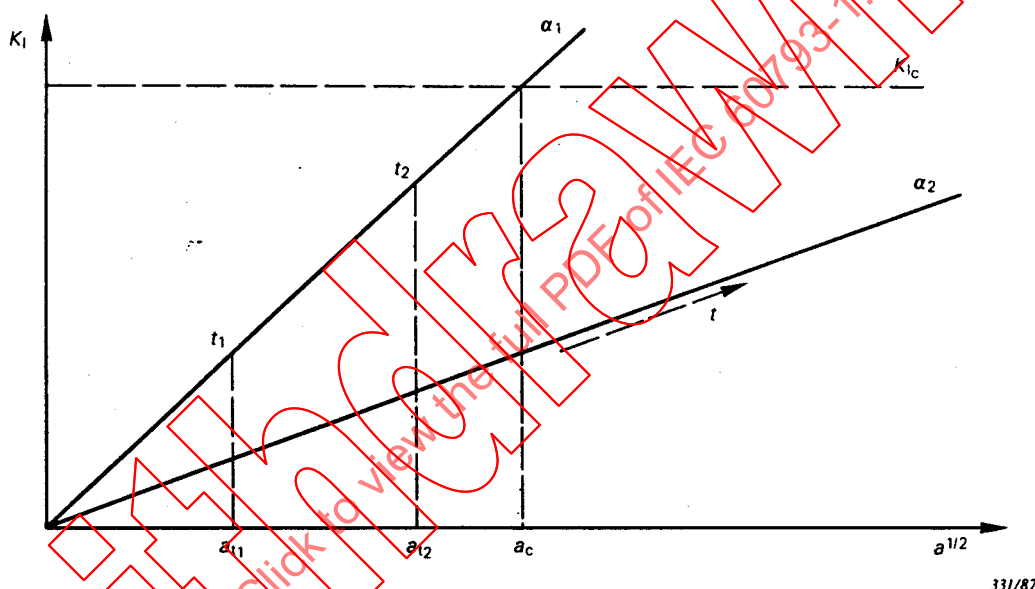


Figure 8 - Graphique montrant la croissance de la fissure d'une fibre optique en verre soumise à une contrainte

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.

In cases where the flaws have grown during a time Δt to a value where K_I becomes K_{Ic} (critical stress intensity factor) the fibre will break (see figure 8).

b) As an illustration:

When a fibre has been submitted to stress α_1 during a time $\Delta t = t_2 - t_1$, the flaw will have grown from a_{t1} to a_{t2} .

However, for commercial purposes it should be assumed that after a fibre has been submitted to a screen test with stress α_1 , the flaw has almost reached the value a_c (i.e. the value at which fibre breakage would occur), subsequent stress α_2 (at $t > t_2$) must remain below α_1 , if fibre breakage is to be avoided.

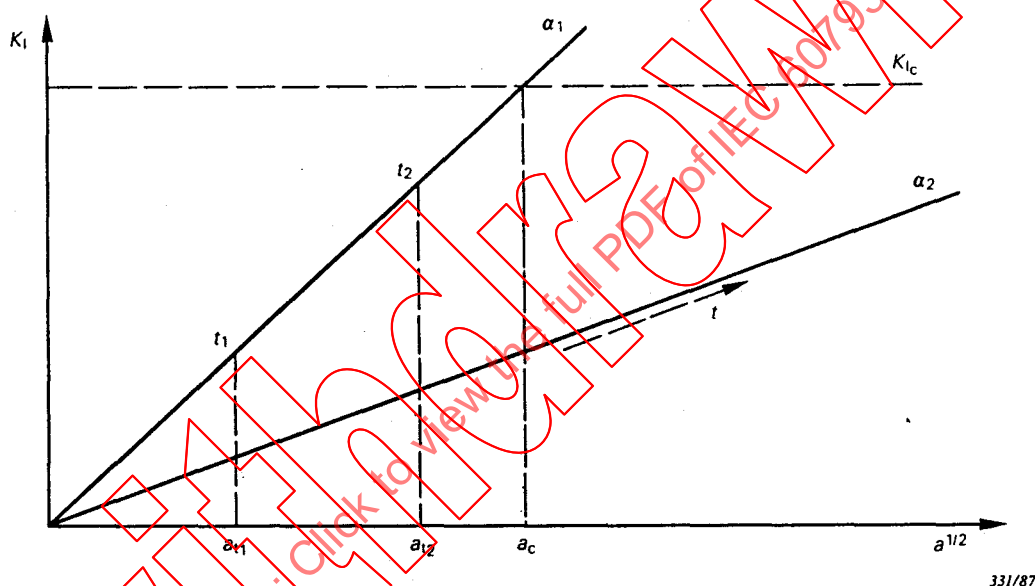


Figure 8 – Graph of flaw growth of optical glass fibre under stress

3.3 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.

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

3.4.1 *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.

3.4.2 *Conditions de l'essai*

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

3.4.3 *Déroulement général de l'essai*

3.4.3.1 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.

3.4.3.2 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.

3.4.3.3 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.

3.4.3.4 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.

3.4.3.5 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.

3.4.4 *Essai de sélection sous contrainte constante*

3.4.4.1 *Appareillage*

L'appareillage d'essai de sélection sous contrainte constante doit en général être conforme à la figure 9. 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 oeuvre afin de minimiser les glissements. L'une des roues doit être entraînée à vitesse angulaire constante et les moyens appropriés doivent être fournis pour maintenir une position verticale constante de la roue B en faisant varier la vitesse angulaire de la roue C. La tension d'alimentation de la fibre dans l'appareillage T_i ne devra pas excéder 10 % de la tension d'essai T . Les diamètres des roues doivent être déterminés afin que la contrainte due à la courbure n'excède pas 10 % de la valeur de l'essai en chaque point du conducteur optique.

3.4 Method IEC 793-1-B1 – Optical fibre proof test

3.4.1 Object

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

3.4.2 Conditions of testing

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

3.4.3 General test procedures

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

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

3.4.3.2 The tests at constant stress and constant longitudinal strain are appropriate for fibre 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.

3.4.3.3 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.

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

3.4.3.5 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.

3.4.4 Constant stress proof test

3.4.4.1 Apparatus

The constant stress proof test apparatus shall be generally in accordance with figure 9. 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 spatial 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.

3.4.4.2 *Procédure*

La fibre optique doit défiler dans l'appareillage représenté dans la figure 9 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.

3.4.4.3 *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.

3.4.5 *Essai de sélection sous effort longitudinal constant*

3.4.5.1 *Appareillage*

L'appareillage d'essai de sélection sous effort constant doit en général être conforme à la figure 10; 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.

3.4.5.2 *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 l'effort longitudinal constant à une vitesse correspondant à la durée de l'essai prévue dans la spécification particulière.

3.4.5.3 *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.

3.4.6 *Essai de sélection sous effort de courbure constant*

3.4.6.1 *Appareillage*

L'appareillage d'essai sous effort de courbure constant doit en général être conforme à la figure 11. 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.

3.4.4.2 Procedure

The optical fibre shall pass through the apparatus as shown in figure 9 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 stated in the detail specification.

3.4.4.3 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.

3.4.5 Constant longitudinal strain proof test

3.4.5.1 Apparatus

The constant strain proof test apparatus shall be generally in accordance with figure 10; A and B are wheels or pulleys which are arranged to rotate with a peripheral velocity difference equal to the required strain.

The velocity difference may be achieved by arranging that the wheels have the same nominal diameter but rotate with an angular velocity difference corresponding with the required strain level, or that the diameters of the wheels are in a fixed ratio corresponding with the required strain level, but the wheels are coupled to rotate at the same angular velocity. The coefficient of static friction between the optical fibre and the wheels shall be high to minimize slippage, and pressure belts or similar devices may be used. The strain corresponding to the feed tension T , 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.

3.4.5.2 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.

3.4.5.3 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.

3.4.6 Constant bending strain proof test

3.4.6.1 Apparatus

The constant bending strain test apparatus shall be generally in accordance with figure 11. 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.

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 12).

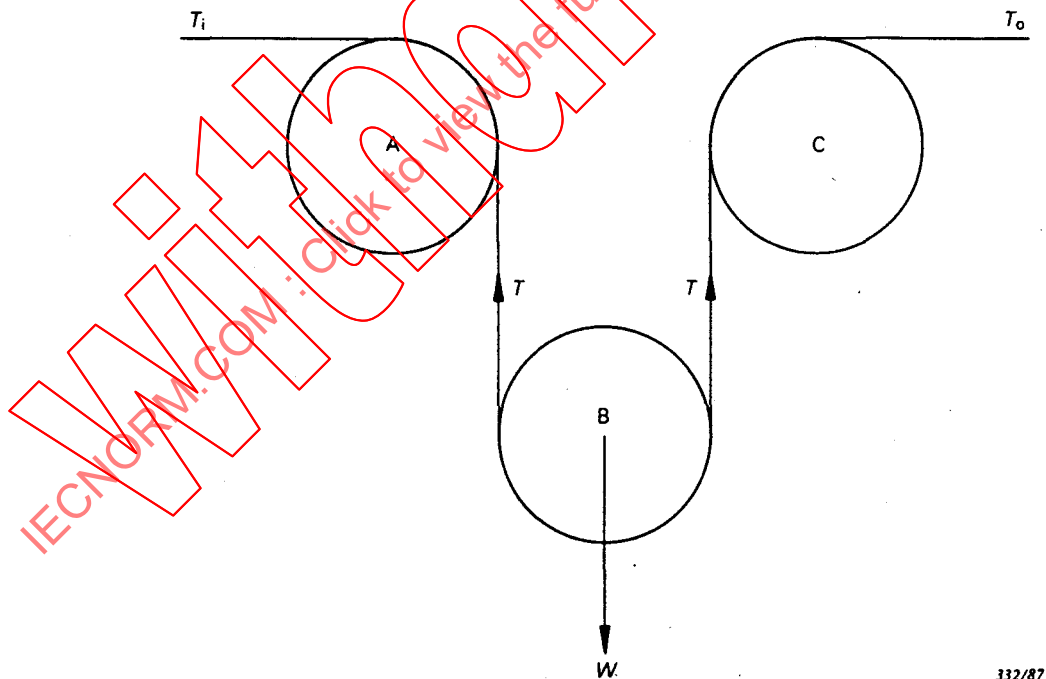
Les systèmes dérouleur et enrouleur de la fibre sont disposés de façon à éliminer la torsion de la fibre au passage dans l'appareillage.

3.4.6.2 Procédure

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

3.4.6.3 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.



332/87

Figure 9 – Appareillage d'essai de sélection sous contrainte constante

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 12).

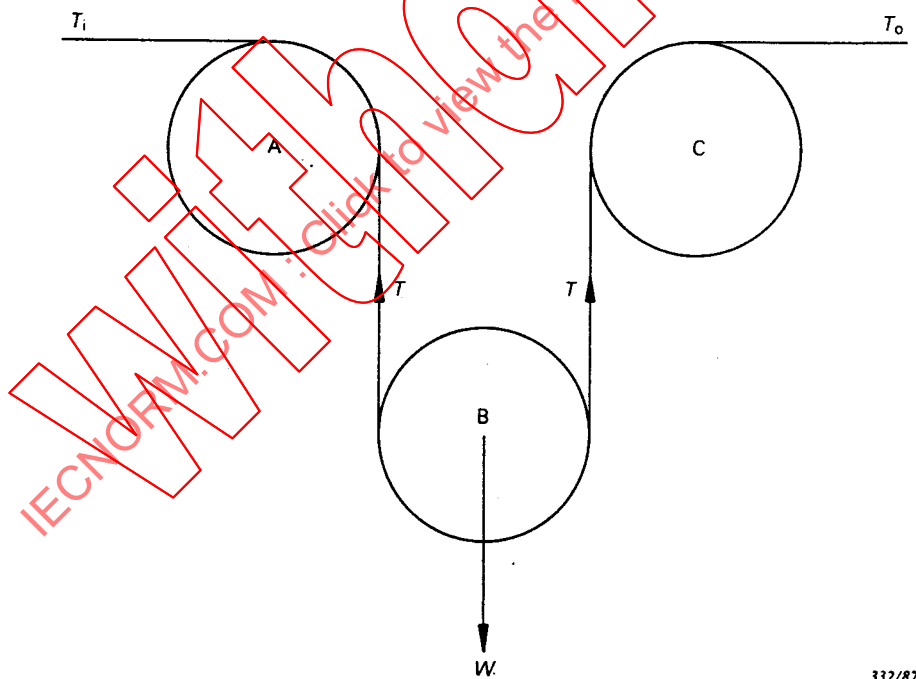
The fibre pay-out and take-up arrangements are arranged to avoid twisting of the fibre as it passes through the machine.

3.4.6.2 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.

3.4.6.3 Requirement

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



332/87

Figure 9 – Constant stress proof test apparatus

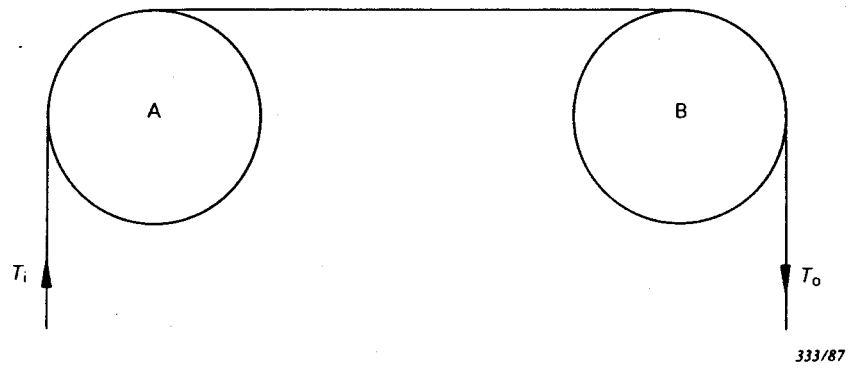


Figure 10 – Appareillage d'essai de sélection sous effort longitudinal constant

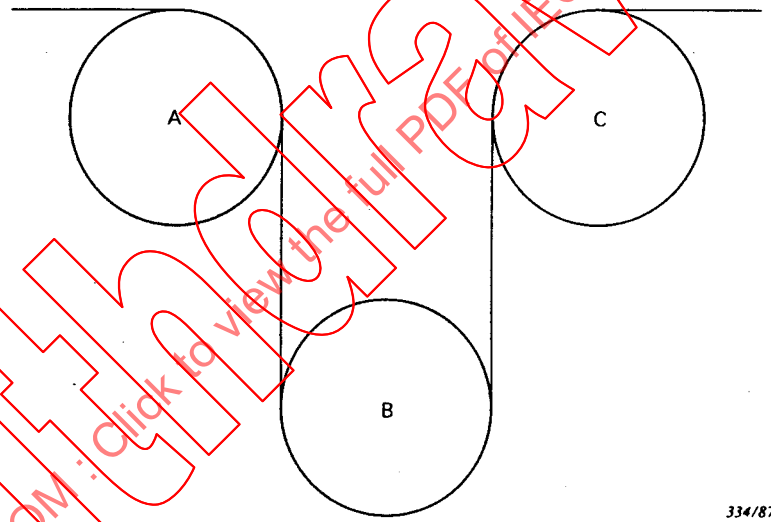


Figure 11 – Appareillage d'essai sous effort de courbure constant

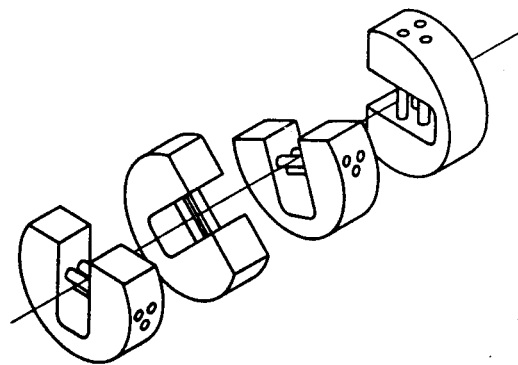


Figure 12 – Suite de roulements

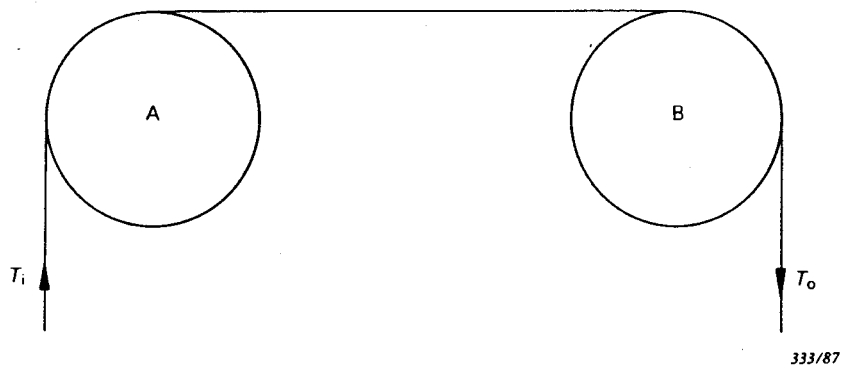


Figure 10 – Constant strain proof test apparatus

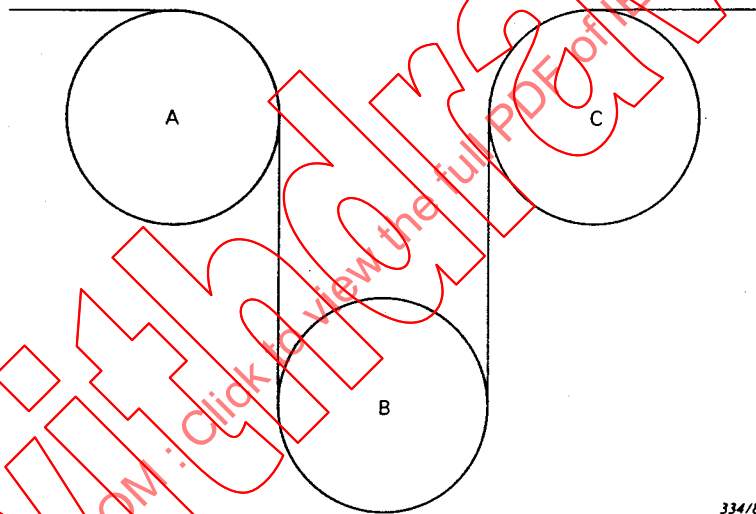


Figure 11 – Constant bending strain test apparatus

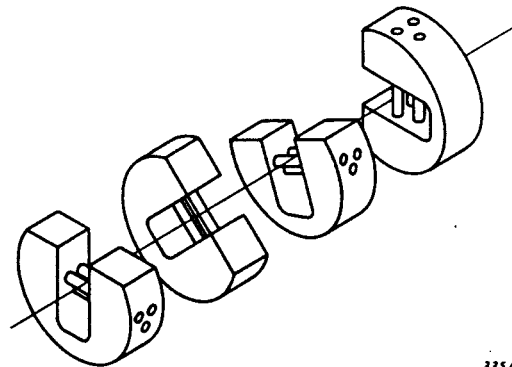


Figure 12 – Multiple rollers

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

3.5.1 *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.

3.5.2 *Préparation des échantillons*

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

3.5.3 *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 de blocage ou par d'autres moyens appropriés.

3.5.4 *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.

3.5.5 *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.

3.5.6 *Résultats*

Les renseignements suivants doivent être fournis

- Longueur contrôlée.
- Type de fixation.
- Vitesse de traction.
- Humidité relative et température ambiante.
- Identification de la fibre.

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

3.5.1 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.

3.5.2 Sample preparation

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

3.5.3 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 % to 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.

3.5.4 Conditioning (if required, see detail specification)

It 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 23 °C and a relative humidity of 95 %). The conditioning time should be not less than 24 h.

3.5.5 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.

3.5.6 Results

The following data shall be presented:

- Gauge length.
- Type of clamping fixtures.
- Pulling speed.
- Relative humidity and ambient temperature.
- Fibre identification.

- 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, la 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.

3.6 Méthode CEI 793-1-B2B – Résistance à la traction pour de grandes longueurs de fibres optiques

A l'étude.

3.7 Méthode CEI 793-1-B4 – Abrasion

A l'étude.

3.8 Méthode CEI 793-1-B5 – Examen visuel

A l'étude.

3.9 Méthode CEI 793-1-B6 – Dénudabilité des fibres optiques

3.9.1 Objet

3.9.1.1 Le présent essai permet de déterminer quantitativement la force requise pour retirer mécaniquement le revêtement de protection des fibres optiques le long de leur axe longitudinal. Cet essai ne consiste ni en un moyen destiné à maximiser la résistance de la fibre après retrait du revêtement de protection, ni à spécifier les meilleures conditions pour le dénudage, sur site, de fibres optiques.

3.9.1.2 Le but principal de cet essai est d'éprouver des fibres dès leur production par un fabricant de fibres, ou ultérieurement revêtues (gaine serrée) au moyen de divers polymères. L'essai peut être effectué soit sur des fibres en l'état de production, soit après exposition à divers environnements.

3.9.1.3 Le présent essai s'applique aux fibres A1, A2, A3 et B.

3.9.2 Appareillage

3.9.2.1 Matériel d'essai de traction

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif approprié, par exemple un appareillage d'essai de traction vertical, qui assure un mouvement relatif entre la fibre en essai et un outil de dénudage.

Ce dispositif doit être capable d'imprimer un mouvement constant, sans secousses, à la fibre soumise à l'essai, ou bien à l'outil de dénudage. La vitesse du mouvement doit être conforme aux prescriptions de 3.9.4.2 ci-après.

- 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.

3.6 Method IEC 793-1-B2B – Tensile strength for long lengths of optical fibres

Under consideration.

3.7 Method IEC 793-1-B4 – Abrasion

Under consideration.

3.8 Method IEC 793-1-B5 – Visual Inspection

Under consideration.

3.9 Method IEC 793-1-B6 – Strippability

3.9.1 Object

3.9.1.1 This test quantifies the force required to mechanically remove the protective coating from optical fibres along their longitudinal axis. This test is not intended as a means to maximise fibre strength after the coating is removed nor it is intended to specify the best conditions for field stripping of optical fibres.

3.9.1.2 This test is intended primarily for testing either fibres as produced by a fibre manufacturer or subsequently overcoated (tight buffered) using various polymers. The test can be performed either on fibres as produced or after exposure to various environments.

3.9.1.3 This test applies to A1, A2, A3 and B fibres.

3.9.2 Apparatus

3.9.2.1 Tensile equipment

A suitable device, for example a vertical tensile tester, shall be used which provides relative motion between the test fibre and a stripping tool.

It shall be capable of imparting constant motion, without jerking, to the fibre under test, or alternatively to the stripping tool. The movement shall be at the rate given in 3.9.4.2 hereinafter.

Le dispositif doit être capable d'assurer un mouvement relatif dans deux directions pour permettre le retour à zéro. Des moyens adaptés doivent être prévus d'une part pour fixer les lames de l'outil de dénudage et pour les maintenir dans une position perpendiculaire à l'axe de la fibre ou dans une position qui empêche la flexion de la fibre, et d'autre part pour fixer une extrémité de la fibre en essai. Pour éviter la rupture de la fibre, les moyens utilisés pour immobiliser l'extrémité de la fibre au point de fixation ne doivent pas soumettre la fibre à des contraintes excessives.

La figure 14 illustre des exemples de montages d'essai.

3.9.2.2 Cellule dynamométrique

Utiliser tout dispositif approprié, capable de mesurer la force appliquée à la fibre pendant le retrait du revêtement de la fibre.

3.9.2.3 Amplificateur du transducteur

Ce dispositif reçoit les signaux en provenance de la cellule dynamométrique et indique la force de traction exercée sur la fibre en essai, jusqu'au point où le revêtement est enlevé. Le système d'affichage doit être continu, comme par exemple un enregistreur à papier déroulant, et doit fournir des informations suffisantes pour calculer les forces maximales et moyennes ainsi que l'amplitude et les fréquences de toute oscillation de la force pendant le dénudage.

La précision de la mesure de la force doit être conforme aux prescriptions de la spécification particulière.

3.9.2.4 Outil de dénudage

3.9.2.4.1 Etant donné que les résultats obtenus à partir de cet essai dépendent dans une large mesure de la conception de l'outil utilisé, il est important de suivre les directives suivantes concernant la conception de l'outil:

- a) Sauf indication contraire dans la spécification particulière, le diamètre du trou dans les lames de l'outil ou la distance entre les lames doit être supérieur(e) au diamètre nominal de la gaine de la fibre à dénuder afin de ne pas endommager la surface de la gaine. Un exemple pratique est un trou ou une distance entre les lames qui est 50 μm plus grande que le diamètre de la gaine.
- b) Les lames de l'outil de dénudage doivent être construites de manière à ne pas entraîner une flexion de la fibre. Les outils dont les lames se joignent en bout dans le même plan sont recommandés pour cet essai.

3.9.2.4.2 L'outil de dénudage doit être installé sur l'appareillage d'essai et maintenu fermé autour de la fibre à l'aide d'attaches adaptées.

3.9.2.4.3 Les outils de dénudage doivent être remplacés à des intervalles spécifiés dans un programme de qualité détaillé ou lorsque l'usure est suffisante pour fausser les résultats des essais.

NOTE - L'usure de l'outil peut affecter partiellement ou totalement la rupture de la fibre, la quantité de résidu laissé sur la surface en verre, la manière dont le revêtement est retiré de la fibre, ainsi que la force requise pour retirer ces revêtements.

The device shall be capable of providing relative motion in two directions to allow resetting. Suitable means shall be included for clamping and maintaining the stripping tool blades perpendicular to the fibre axis or in a position which prevents fibre bending, and for securing one end of the test fibre. To prevent fibre breakage, the means used to secure the fibre at the clamping point shall not stress the fibre excessively.

Examples of test arrangements are shown in figure 14.

3.9.2.2 Load cell

Use any appropriate device which is capable of sensing the force imparted to the fibre during the removal of the fibre coating.

3.9.2.3 Transducer amplifier

This device receives signals from the load cell and indicates the tensile force on the test fibre up to the point when the coating is stripped off. The readout shall be continuous, such as a strip chart recorder, and shall provide sufficient information to calculate the maximum and average forces and the amplitude and frequencies of any oscillations in the force during stripping.

The accuracy of the force measurement shall be as specified in the detail specification.

3.9.2.4 Stripping tool

3.9.2.4.1 Because the results from this test are strongly dependent upon the design of tool used, it is important that the following tool design guidelines be observed:

- a) Unless otherwise specified in the detail specification, the diameter of the hole in the tool blades or the distance between the blades shall be greater than the nominal cladding diameter of the fibre to be stripped in order not to damage the cladding surface. A practical example is a hole or distance between the blades which is 50 μm larger than the nominal cladding diameter.
- b) The stripping tool blades shall be constructed such that the blades do not cause fibre bending. Stripping tools in which the blades butt together in the same plane are preferred in this test.

3.9.2.4.2 The stripping tool shall be mounted on the test fixture and held closed around the fibre using suitable clamps.

3.9.2.4.3 Stripping tools shall be replaced at intervals as dictated by a documented quality schedule or whenever wear is sufficient to affect the test results.

NOTE - Tool wear can affect any or all of the following: fibre breakage, the amount of residue left on the glass surface, the way in which the coating is removed from the fibre, and the force required to remove the coatings.

3.9.2.5 Guide fibre

La longueur de fibre qui dépasse la lame de l'outil doit être maintenue dans une position rectiligne à l'aide d'un guide adapté (pouvant faire partie de l'outil de dénudage lui-même) qui satisfait aux exigences suivantes:

- a) Le guide doit supporter la fibre pour éviter une flèche due au poids de la fibre.
- b) Le guide doit empêcher la flexion de la fibre due à la déformation du revêtement de la fibre au fur et à mesure qu'il est retiré.
- c) Le guide doit être placé aussi près que possible de l'outil de dénudage, sans pour autant gêner l'opération de dénudage.
- d) Le guide doit permettre une insertion facile dans le montage d'essai, ainsi qu'un nettoyage aisé; il ne doit pas gêner la déformation éventuelle du revêtement.

3.9.3 Préparation des échantillons

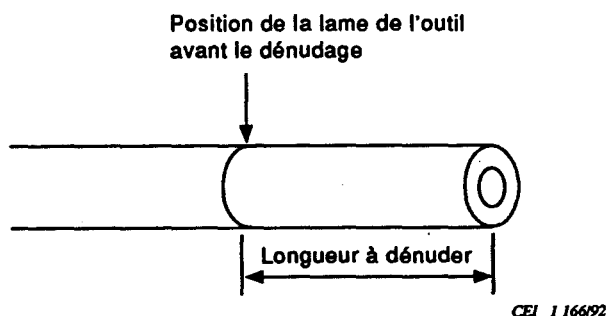
3.9.3.1 Echantillons représentatifs

L'échantillon doit être représentatif de la population de fibres soumise à l'essai. En raison de la variabilité de l'essai, il est nécessaire d'essayer un nombre minimal de 10 éprouvettes d'essai et d'établir une moyenne permettant d'obtenir un résultat valable pour un échantillon donné.

3.9.3.2 Longueur de l'échantillon

La longueur de fibre dénudée est susceptible d'influer sur la force de dénudage. Cependant, pour des fibres dont le revêtement présente un diamètre nominal de 250 μm , la longueur de fibre dénudée exerce un effet minimal sur la force de dénudage. La longueur de fibre dénudée doit être indiquée dans la spécification particulière (pour les fibres dont le revêtement présente un diamètre nominal de 250 μm , les valeurs préférentielles sont 20 mm, 30 mm et 50 mm. Pour des revêtements présentant des diamètres plus importants, des longueurs de dénudage plus courtes sont préférées).

La longueur totale de l'échantillon est déterminée par la distance entre l'extrémité fixe de la fibre et l'outil de dénudage, la longueur de fibre spécifiée pour dépasser l'outil de dénudage (se reporter à la figure 13) et la longueur de fibre requise pour sa fixation à l'appareillage d'essai. Les résultats de l'essai dépendent, en partie, de la longueur de fibre qui s'étend au-delà de l'outil de dénudage; les résultats ne dépendent pas de la longueur totale des échantillons.



CEI 1166/92

Figure 13

3.9.2.5 Fibre guide

The fibre which extends past the stripping tool blade shall be held straight by use of a suitable guide (which may be designed into the stripping tool itself) which meets the following requirements:

- a) The guide shall support the fibre to prevent sagging due to the weight of the fibre.
- b) The guide shall prevent bending of the fibre caused by buckling of the fibre coating as it is removed.
- c) The guide shall be located as close to the stripping tool as possible without interfering with the stripping operation.
- d) The guide shall allow for easy insertion into the test set-up and for easy cleaning, and shall provide freedom from interference if the coating buckles.

3.9.3 Sample preparation

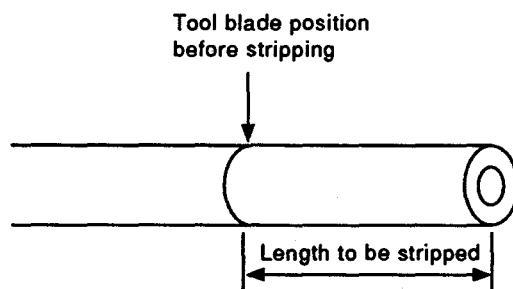
3.9.3.1 Representative samples

The sample shall be representative of the population of fibres under evaluation. Because of the test variability, a minimum of 10 test pieces shall be tested and averaged to obtain one result for a particular sample.

3.9.3.2 Sample length

The length of fibre stripped can affect the strip force. However for 250 μm nominal coating diameter fibres, the length of fibre stripped has minimal effect on the strip force. The length of fibre stripped shall be specified in the detail specification (for 250 μm nominal coating diameter fibres, preferred values are 20 mm, 30 mm or 50 mm. For larger coating diameter, shorter stripping lengths are preferred).

Total sample length is determined by the distance between the secured fibre end and the stripping tool, the length of fibre specified to extend past the stripping tool (see figure 13), and the length of fibre required to secure it to the test fixture. Test results depend, in part, on the length of the fibre extending past the stripping tool; results are not dependent upon total sample length.



IEC 116692

Figure 13

3.9.4 Procédure

3.9.4.1 Introduction

Cette procédure implique (a) la rupture du revêtement à la distance prescrite par rapport à l'extrémité de la fibre, et (b) le retrait du revêtement de la fibre, tout en mesurant la force nécessaire pour retirer le revêtement.

3.9.4.2 Vitesse de dénudage

La force requise pour retirer les revêtements de la fibre, dépend, en partie, de la vitesse de dénudage. Si on veut comparer les résultats de différents essais, il est nécessaire d'utiliser la même vitesse de dénudage. Le matériel d'essai doit être réglé de manière à imprimer un mouvement relatif entre la fibre et l'outil de dénudage, à la vitesse indiquée dans la spécification particulière (une vitesse de dénudage de 100 mm/min ou 500 mm/min est préférée pour une fibre dont le revêtement présente un diamètre nominal de 250 µm. Pour des diamètres de revêtements plus importants, une vitesse de dénudage de 100 mm/min est préférée).

3.9.4.3 Préconditionnement

Sauf indication contraire, les échantillons en essai doivent être preconditionnés pendant une durée minimale de 24 heures à une température de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ pour une humidité relative de 30% à 60%.

3.9.4.4 Etalonnage de l'amplificateur du transducteur

Le transducteur et la cellule dynamométrique doivent être étalonnés avant chaque série d'essais ou conformément à un programme d'étalonnage précis.

3.9.4.5 Mise en place de l'échantillon en essai

Avant de mettre en place la fibre, il est nécessaire de s'assurer que la zone entourant les deux lames de l'outil de dénudage est exempte de débris et/ou de dépôts résultant d'une utilisation antérieure.

Une extrémité de la fibre en essai doit être fixée à l'appareillage d'essai de sorte qu'elle ne glisse pas sous la charge (par exemple l'extrémité de la fibre est enroulée trois fois autour d'un cabestan de 80 mm de diamètre). L'autre extrémité est enfilée dans l'outil de dénudage et introduite dans le guide/support de fibre.

3.9.4.6 Retrait du revêtement

3.9.4.6.1 Mettre l'appareillage d'essai en marche afin d'assurer un mouvement relatif constant entre la fibre et l'outil de dénudage.

3.9.4.6.2 Observer et enregistrer la force requise pour retirer le revêtement de la fibre de verre. Ne pas tenir compte des résultats relatifs aux fibres qui se brisent pendant l'essai.

3.9.4.6.3 L'essai est terminé lorsque le revêtement a été entièrement retiré de la fibre.

NOTE - Tout résidu de revêtement visible à l'oeil nu doit pouvoir être facilement éliminé en essuyant doucement la fibre avec un chiffon de laboratoire.

3.9.4 Procedure

3.9.4.1 Introduction

This procedure involves (a) severing the coating at the prescribed distance from the end of the fibre, and (b) then removing the coating from the fibre while measuring the force required to accomplish this removal.

3.9.4.2 Stripping rate

The force required to remove coatings from fibre is dependent, in part on the stripping rate. If results of different tests are to be comparable, the same stripping rate shall be used. The test equipment shall be set so as to impart a relative motion between the fibre and the stripping tool at the rate specified in the detail specification (a preferred value for 250 µm nominal coating diameter fibre is 100 mm/min or 500 mm/min; for larger coating diameters, 100 mm/min is preferred).

3.9.4.3 Preconditioning

Unless otherwise specified, the test samples shall be preconditioned for a minimum of 24 h at 25 °C ± 5 °C and 30% to 60% relative humidity.

3.9.4.4 Calibrating the transducer amplifier

The transducer and load cell shall be calibrated before each series of tests or as dictated by a documented calibration schedule.

3.9.4.5 Loading the test sample

The area around both blades of the stripping tool shall be free of debris and/or build-up from any previous use before loading the fibre.

One end of the test fibre shall be secured to the test fixture so that it will not slip under load (e.g. three turns of fibre around an 80 mm diameter capstan). The other end is threaded through the stripping tool and inserted through the fibre guide/support.

3.9.4.6 Stripping the coating

3.9.4.6.1 Start the test apparatus to provide a constant relative motion between the fibre and the stripping tool.

3.9.4.6.2 Observe and record the force required to remove the coating from the glass fibre. Exclude data from fibres which break during the test.

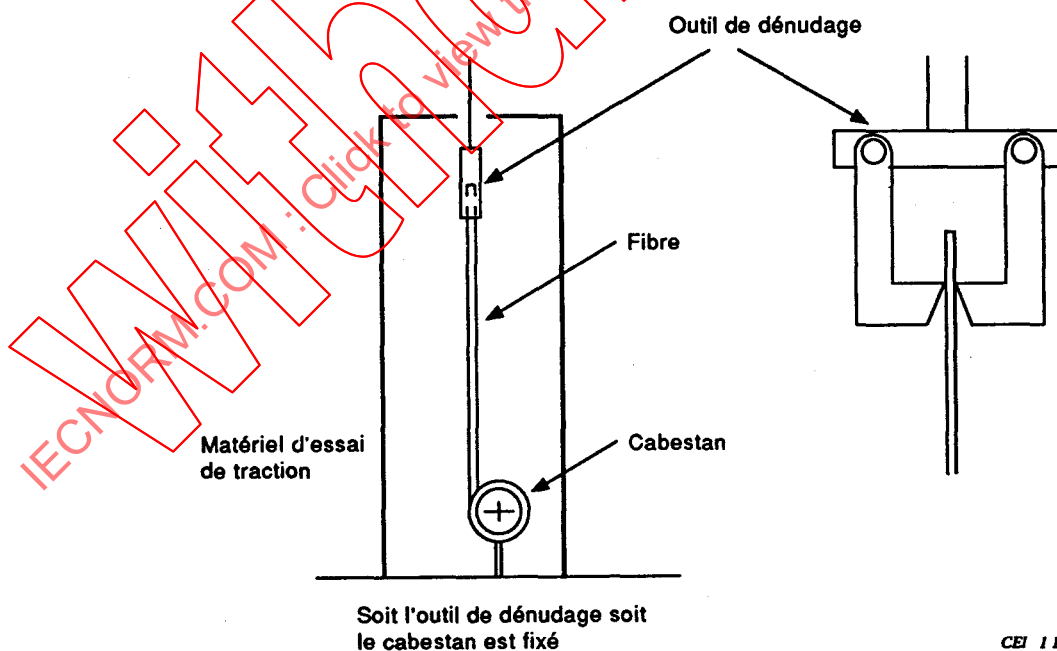
3.9.4.6.3 The test is complete when the coating has been completely removed from the fibre.

NOTE - Any remaining coating residue visible to the naked eye shall be easily removable by gently wiping the fibre with a laboratory tissue.

3.9.5 Résultats

Chaque essai doit être accompagné des renseignements suivants:

- La date d'essai.
- L'identification de la fibre soumise à l'essai, y compris le diamètre extérieur du revêtement et le type de matériau constituant le revêtement.
- L'identification du type d'outil de dénudage utilisé, y compris le nom du fabricant et le diamètre nominal du trou de la lame.
- La vitesse de dénudage.
- La longueur de revêtement retirée.
- Les résultats d'essai, y compris:
 - a) Le nombre de fibres qui ne se sont ni brisées, ni détériorées pendant l'essai.
 - b) La moyenne des résultats obtenus sur un nombre minimal de 10 éprouvettes pour la valeur moyenne de la force de dénudage, sans tenir compte du premier pic.
 - c) L'écart type ou l'étendue de la population de l'échantillon.
 - d) Le nombre de fibres essayées qui ont été brisées ou endommagées avant le retrait total du revêtement.
 - e) Les conditions ambiantes relatives au préconditionnement et celles qui prévalent pendant l'essai, y compris la température et l'humidité relative.
 - f) Il convient de signaler si le résidu de revêtement n'est pas facilement éliminé, conformément aux prescriptions de 3.9.4.6.3.



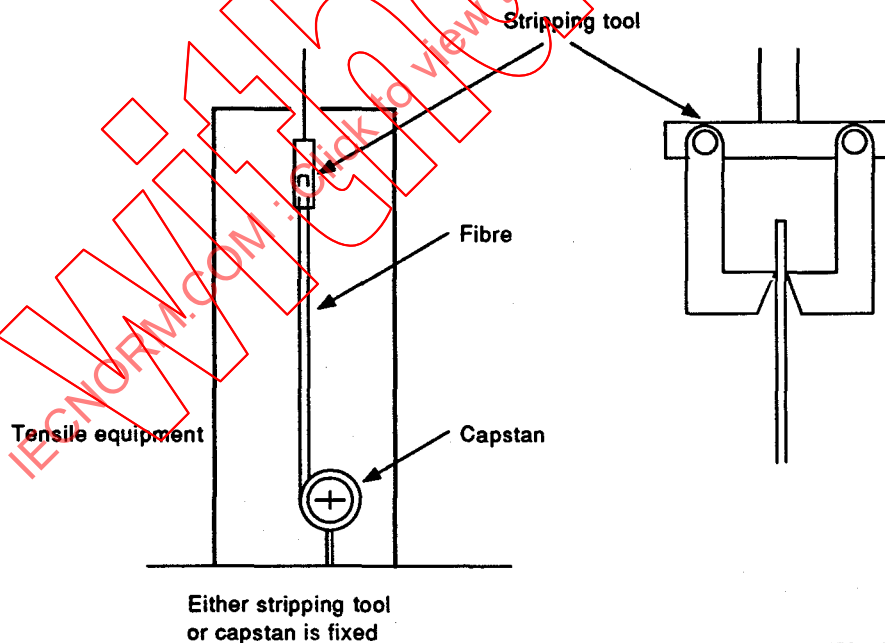
CEI 1167/92

Figure 14

3.9.5 Results

The following information shall be reported with each test:

- Test date.
- Identification of the fibre tested including coating outer diameter and coating material type.
- Identification of type of stripping tool used including manufacturer and nominal blade hole size.
- The strip rate.
- Length of coating stripped.
- Test results including:
 - a) Number of unbroken or undamaged fibres tested.
 - b) Average of results obtained on 10 or more test pieces for the mean stripping force, excluding the first peak.
 - c) Standard deviation or range of the sample population.
 - d) Number of fibres tested which broke or were damaged before completely removing the coating.
 - e) Environmental conditions for preconditioning and during the test including temperature and relative humidity.
 - f) If the coating residue is not readily removable per 3.9.4.6.3, report so.



IEC 1167/92

Figure 14

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

4.1 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 soumettant les échantillons à des essais choisis parmi ceux du tableau 5. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être ceux qui sont indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 5 – Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques

Méthodes d'essai pour fibres multimodales et unimodales		
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-A1A CEI 793-1-A1B CEI 793-1-A2	Champ proche réfracté Interférométrie transversale Répartition de la lumière en champ proche	Profil d'indice de réfraction
CEI 793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Défauts ponctuels
CEI 793-1-C4 CEI 793-1-C1C	Energie lumineuse transmise ou rayonnée Technique de rétrodiffusion	Continuité optique
CEI 793-1-C5A CEI 793-1-C5B	Méthode de déphasage Méthode du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel	Dispersion chromatique
CEI 793-1-C10A CEI 793-1-C10B	Contrôle en puissance transmise Contrôle en rétrodiffusion	Modification de la transmission optique durant les essais mécaniques et d'environnement

(Suite en page 88)

SECTION 4: MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION AND OPTICAL CHARACTERISTICS

4.1 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 commercial purposes.

The transmission and optical characteristics of optical fibres shall be verified by carrying out the selected test from those shown in table 5. The tests applied and acceptance criteria shall be as specified in the detail specification.

Table 5 - Transmission and optical characteristics of optical fibres

Test methods of multimode and single-mode 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-A1A IEC 793-1-A1B IEC 793-1-A2	Refracted near field method Transverse interference method Near field light distribution	Refractive index profile
IEC 793-1-C1C	Backscattering technique	Point defects
IEC 793-1-C4 IEC 793-1-C1C	Transmitted or radiated light power Backscattering technique	Optical continuity
IEC 793-1-C5A IEC 793-1-C5B	Phase shift method Spectral group delay measurement in the time domain	Chromatic dispersion
IEC 793-1-C10A IEC 793-1-C10B	Transmitted power monitoring Backscattering monitoring	Change of optical transmittance during mechanical and environmental tests

(continued on page 89)

Tableau 5 (suite)

Méthodes d'essai pour les fibres multimodales		
Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-C2A CEI 793-1-C2B	Réponse impulsionnelle Réponse fréquentielle	Réponse en bande de base
CEI 793-1-C6	Répartition de la lumière en champ lointain	Ouverture numérique

Méthodes d'essai pour fibres unimodales		
Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-C3	Sensibilité aux microcourbures	Sensibilité aux microcourbures
CEI 793-1-C11	Sensibilité aux macrocourbures	Sensibilité aux macrocourbures
CEI 793-1-C5C CEI 793-1-C5D	Déphasage différentiel Interférométrie (pour examen ultérieur)	Dispersion chromatique
CEI 793-1-C7A CEI 793-1-C7B	Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre en câble (à l'étude)	Longueur d'onde de coupure d'une fibre Longueur d'onde de coupure d'une fibre câblée
CEI 793-1-C9A CEI 793-1-C9B CEI 793-1-C9C CEI 793-1-C9D	Exploration du champ lointain Ouverture variable Exploration en champ proche Exploration d'une « arête en lame de couteau »	Diamètre du champ de mode

4.2 Affaiblissement

L'affaiblissement est matérialisé par une mesure de la diminution de la puissance optique dans une fibre. Il dépend de la nature et de la longueur de la fibre et est également influencé par les conditions de mesure.

Des conditions d'injection non maîtrisées excitent normalement des modes de fuite d'ordre supérieur qui provoquent des pertes transitoires et entraînent un affaiblissement qui n'est pas proportionnel à la longueur de la fibre. Des conditions d'injection maîtrisées produisant une répartition des modes à l'état stable, conduisent à un affaiblissement proportionnel à la longueur de la fibre. Dans de telles conditions d'état stable, une valeur d'affaiblissement linéique de la fibre peut être déterminée et les affaiblissements de fibres raccordées s'additionnent de manière linéaire.

Table 5 (continued)

Test methods of multimode fibres		
Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-C2A IEC 793-1-C2B	Impulse response Frequency response	Baseband response
IEC 793-1-C6	Far field light distribution	Numerical aperture

Test methods of single-mode fibres		
Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-C3	Microbending sensitivity	Microbending sensitivity
IEC 793-1-C11	Macrobending sensitivity	Macrobending sensitivity
IEC 793-1-C5C IEC 793-1-C5D	Differential phase shift Interferometry (for future consideration)	Chromatic dispersion
IEC 793-1-C7A IEC 793-1-C7B	Cutoff wavelength measurement Cable cut-off wavelength measurement (under consideration)	Fibre cut-off wavelength Cabled fibre cut-off wavelength
IEC 793-1-C9A IEC 793-1-C9B IEC 793-1-C9C IEC 793-1-C9D	Far field scan Variable aperture Near field scan Knife edge scan	Mode field diameter

4.2 Attenuation

Attenuation is a measure of the decreasing optical power in a fibre. It depends on the nature and length of the fibre and is also affected by measurement conditions.

Uncontrolled launching conditions normally excite higher order lossy modes that produce transient losses and result in attenuation that is not proportional to the length of the fibre. A controlled steady state launching condition yields attenuation that is proportional to the fibres length. Under steady state conditions, an attenuation coefficient of a fibre can be determined and the attenuation of concatenated fibres add linearly.

4.3 Définitions opérationnelles

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

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

où

P_1 est la puissance optique traversant la section 1, et

P_2 est la puissance optique traversant la section 2.

Pour une fibre homogène dans les conditions d'état stable, il est possible de définir l'affaiblissement par unité de longueur ou l'affaiblissement linéique:

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

qui est indépendant de la longueur choisie de la fibre.

4.4 Description des méthodes de mesure de l'affaiblissement

Trois méthodes sont décrites ci-après 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 de la fibre 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.

Le principe de la mesure ne permet pas de fournir une indication quant au comportement de l'affaiblissement le long de la fibre. Il rend également difficile la mesure des variations de l'affaiblissement sous l'effet de conditions variables. Mais, dans des conditions données, cette méthode fournit la mesure la plus précise de l'affaiblissement, répondant strictement à la définition de celui-ci. Dans certaines circonstances, la nature destructive de cette méthode 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. La valeur mesurée de l'affaiblissement de la fibre en essai, prenant en compte l'influence du montage de mesure, doit être corrigée de la perte du raccordement supplémentaire en se reportant à l'affaiblissement de la longueur de fibre de référence.

Cette méthode ne permet pas non plus d'analyser l'affaiblissement le long de la fibre. Mais par suite de la connaissance préalable de la puissance P_1 , il est possible avec cette méthode, de mesurer de manière continue la variation de l'affaiblissement en fonction de modifications des conditions d'environnement telles que la température ou la force appliquée.

Cette méthode est également appropriée à la mesure de câbles équipés de connecteurs.

4.3 Operational definitions

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

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

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 steady state conditions, It is possible to define the attenuation per unit length, or the attenuation coefficient:

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

which is independent of the chosen length of the fibre.

4.4 Description of attenuation measuring techniques

Three methods are described below 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 fibre 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.

By the measurement principle it is not possible to get information on the attenuation behaviour over the length of the fibre. Also it is difficult to measure the change of attenuation under changing conditions. But for a given condition, this method gives the most accurate attenuation strictly following the definitions. In some situation, its destructive nature is a disadvantage.

b) Insertion loss

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 of the fibre under test including the measurement arrangement must be corrected by the additional connector loss respectively by the loss of the reference piece of fibre.

With this method also no analysis of the attenuation over the length of fibre is possible. But by the previously known power P_1 it is possible to measure with this technique continuously the change in attenuation over changing environmental conditions like temperature and force.

This method is also adequate to measure connectorized cables.

c) Méthode de rétrodiffusion

La méthode de rétrodiffusion, qui est une mesure par un seul côté, mesure la puissance optique qui est rétrodiffusée vers l'origine de la fibre à partir des différents points de celle-ci.

La mesure est influencée par la vitesse de propagation dans la fibre et par le comportement en rétrodiffusion de cette dernière. Si ces deux paramètres sont constants, ce qui est normalement le cas pour des longueurs individuelles de fibres, le résultat de la mesure d'affaiblissement peut être précis, à condition également que les conditions d'injection spécifiées soient respectées.

De par la nature de la mesure, il est également possible d'analyser l'affaiblissement le long de la fibre entière ou de tronçons particuliers, ainsi que sur des liaisons formées de fibres raccordées, et de déterminer l'affaiblissement des raccordements. Dans certains cas, il est nécessaire d'effectuer la mesure à partir des deux extrémités de manière à éliminer les effets de rétrodiffusion dépendant du sens de propagation.

En outre, la longueur de la fibre peut être mesurée par cette méthode.

4.5 Méthode CEI 793-1-C1A – Méthode de la fibre coupée

4.5.1 Conditions d'injection

4.5.1.1 Fibre unimodale

Il est possible d'utiliser un système optique de lentilles ou une fibre amorce pour exciter la fibre en essai. La puissance couplée dans la fibre doit être stable pendant toute la durée de l'essai.

4.5.1.1.1 Fibre amorce

Si une fibre amorce est employée, l'utilisation d'une substance adaptatrice d'indice peut s'avérer nécessaire entre la fibre amorce source et la fibre en essai pour éliminer les phénomènes d'interférences.

4.5.1.1.2 Système optique de lentilles

Si un système optique de lentilles est utilisé, il est nécessaire de prévoir un dispositif pour maintenir, de manière stable, l'extrémité d'entrée de la fibre, comme par exemple un plateau de serrage à vide. Ce support doit être monté sur un dispositif de positionnement de sorte que l'extrémité de la fibre puisse être positionnée, de façon répétitive, dans le faisceau d'entrée. Une méthode visant à réduire la dépendance du positionnement de la fibre consiste à saturer spatialement et angulairement l'extrémité de la fibre.

4.5.1.1.3 Filtre de modes d'ordre supérieur

Une méthode doit être employée pour empêcher la propagation des modes d'ordre supérieur dans la plage de longueurs d'onde concernée. Un tel filtre de modes d'ordre supérieur peut, par exemple, être représenté par une simple boucle dont le rayon est suffisamment faible pour déplacer la longueur d'onde de coupure en-dessous de la longueur d'onde minimale concernée mais pas suffisamment petit pour induire des oscillations dépendant de la longueur d'onde.

c) **Backscattering**

The backscattering method, which is a single-sided measurement, measures the optical power backscattered from different points in the fibre to the beginning of the fibre.

The measurement is affected by the propagation speed in the fibre and the back-scattering behaviour of the fibre. If both are constant - which is normally valid for single lengths of fibre - the result of the attenuation measurement can be accurate, if the launch conditions specified are adhered to.

By the nature of the measurement, it is also possible to analyse the attenuation over the whole length or interested sections of the fibre, over concatenated fibre links and also to determine the splice loss. In some cases, it is necessary to measure from both sides in order to eliminate direction depending backscattering effects.

Moreover the length of the fibre can be measured.

4.5 Method IEC 793-1-C1A – Cut-back technique

4.5.1 Launching conditions

4.5.1.1 Single-mode fibre

An optical lens system or fibre pigtail may be employed to excite the test fibre. The power coupled into the fibre must be stable for the duration of the test.

4.5.1.1.1 Fibre pigtail

If a pigtail is used, it may be necessary to use index matching material between the source pigtail and test fibre to eliminate interference effects.

4.5.1.1.2 Optical lens system

If an optical lens system is used, a means of stably supporting to input end of the fibre, such as a vacuum chuck, shall be used. This support shall be mounted on a positioning device so that the fibre end can be repeatedly positioned in the input beam. A method of making the positioning of the fibre less sensitive is to overfill the fibre end spatially and angularly.

4.5.1.1.3 High order mode filter

A method shall be employed to remove high order propagating modes in the wavelength range of interest. An example of such a high order mode filter is a single loop of radius sufficiently small to shift cutoff wavelength below the minimum wavelength of interest, but not so small as to induce wavelength dependent oscillations.

4.5.1.1.4 *Extracteur de mode de gaine*

L'extracteur de modes de gaine assure qu'aucun mode de rayonnement, se propageant dans la zone de gaine, ne pourra être détecté après une courte distance sur la longueur de la fibre. L'extracteur de modes de gaine se compose le plus souvent d'une substance ayant un indice de réfraction égal ou supérieur à celui de la gaine de la fibre. Il peut s'agir d'un fluide adaptateur d'indices directement appliqué sur la fibre dénudée à proximité de ses extrémités; dans certaines conditions, le revêtement de la fibre remplira lui-même cette fonction.

4.5.1.2 *Fibre multimodale*

Les conditions d'injection présentent une importance majeure pour atteindre les objectifs définis à l'article 4.2. Il convient de déterminer des conditions d'injection qui empêchent l'injection de puissance dans des modes transitoires d'ordre supérieur. En évitant l'injection de puissance dans ces modes transitoires de la fibre en essai, on mesurera les affaiblissements qui s'ajoutent de façon approximativement linéaire. Etant donné que ces répartitions de puissance ne sont quasiment pas altérées par la fibre, elles sont désignées par «répartitions à l'état stable».*

4.5.1.2.1 *Techniques d'injection*

Deux techniques sont généralement employées pour générer des conditions d'injection stables pour la mesure de l'affaiblissement: des filtres de modes et une injection par montage optique géométrique. Le paragraphe 4.5.2 donne un exemple de chacune de ces deux méthodes. L'application convenable de chaque méthode permet d'obtenir des résultats comparables. La figure 15 illustre un exemple type d'arrangement d'injection utilisant un filtre de modes.

4.5.1.2.2 *Extracteur de modes de gaine*

L'extracteur de modes de gaine assure qu'aucun mode de rayonnement, se propageant dans la zone de gaine, ne pourra être détecté après une courte distance sur la longueur de la fibre. L'extracteur de modes de gaine se compose le plus souvent d'une substance ayant un indice de réfraction égal ou supérieur à celui de la gaine de la fibre. Il peut s'agir d'un fluide adaptateur d'indices directement appliqué sur la fibre dénudée, à proximité de ses extrémités; dans certaines conditions, le revêtement de la fibre remplira lui-même cette fonction.

4.5.1.2.3 *Embrouilleur de modes*

Il convient d'injecter la puissance en la répartissant de façon homogène avant le filtre de modes. Pour une source telle qu'une diode électroluminescente (DEL) ou une diode laser qui n'assure pas la fonction mentionnée ci-dessus, il convient d'utiliser un embrouilleur de modes. L'embrouilleur de modes doit comporter un arrangement de fibres approprié (par exemple, une séquence de profils d'indice saut-gradient-saut).

* Le terme «Répartition des modes à l'équilibre» a été précédemment employé dans d'autres normes.

4.5.1.1.4 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. The cladding mode stripper often consists of a material having a refractive index equal to or greater than that of the fibre cladding. This may be an index matching fluid applied directly to the uncoated fibre near its ends: under some circumstances the fibre coating itself will perform this function.

4.5.1.2 Multimode fibre

The launching conditions are of paramount importance in meeting the objectives stated in clause 4.2. Launching conditions should be established that will avoid launching power into higher order, transient modes. By not launching power into these transient modes of the test fibre, attenuations which add in an approximately linear fashion will be measured. Because these power distributions are essentially unaltered by the fibre they are called "steady state distributions" *.

4.5.1.2.1 Launching techniques

There are two commonly used techniques to produce steady state launch conditions for attenuation measurements – mode filters and a geometrical optics launch. Examples of each are given in clause 4.5.2. By proper care in the use of each, comparable results can be achieved. A generic example of the launching arrangement using a mode filter is given in figure 15.

4.5.1.2.2 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. The cladding mode stripper often consists of a material having a refractive index equal to or greater than that of the fibre cladding. This may be an index matching fluid applied directly to the uncoated fibre near its ends: under some circumstances the fibre coating itself will perform this function.

4.5.1.2.3 Mode scrambler

An essentially uniform power distribution should be launched prior to the mode filter. For a source such as a LED or Laser which does not do so, a mode scrambler should be used. The mode scrambler shall comprise a suitable fibre arrangement (for example a step-graded-step index profile sequence).

* "Equilibrium Mode Distribution" has been previously used in other standards .

4.5.2 Exemples de conditions d'injection

4.5.2.1 Filtres de mode

4.5.2.1.1 Filtre de modes du type fibre amorcée

On choisit une fibre de type similaire à celui de la fibre en essai. Sa longueur doit être suffisante (typiquement égale ou supérieure à 1 km) pour que la répartition de la puissance transmise par cette fibre soit à l'état stable, lorsque la source d'injection utilisée répond au 4.5.1.2.3.

4.5.2.1.2 Filtre de modes du type enroulement sur mandrin

Un autre type de filtre de modes se présente sous la forme d'un mandrin autour duquel quelques tours (typiquement trois à cinq tours) de la fibre en essai sont réalisés avec une faible tension. Le diamètre du mandrin est choisi de manière à assurer que les modes transitoires excités dans la fibre en essai sont atténués jusqu'à obtenir un état stable. Une mesure en champ lointain doit être effectuée pour comparer la répartition de puissance émise en sortie d'une grande longueur de la fibre en essai (supérieure à 1 km), lorsqu'elle est excitée par une source assurant une saturation uniforme, avec la répartition de puissance émise en sortie d'une courte longueur de la fibre lorsque le mandrin est utilisé. Le diamètre du mandrin est choisi de manière à obtenir une répartition en champ lointain dans la courte longueur correspondant approximativement à la répartition en champ lointain dans la grande longueur de fibre.

L'ouverture numérique (mesurée selon la méthode CEI 793-1-C6) du diagramme de rayonnement émis à l'extrémité de la courte longueur doit être comprise entre 94 % et 100 % de l'ouverture numérique du diagramme correspondant à la grande longueur.

Le diamètre du mandrin peut être différent d'une fibre à l'autre, en fonction du type de fibre et du revêtement. Les conditions courantes correspondent à des diamètres de l'ordre de 15 mm à 40 mm, avec cinq tours de fibre réalisés sur une longueur de mandrin d'environ 20 mm.

4.5.2.1.3 Combinaison de l'embrouilleur de modes et du filtre de modes

Une combinaison des fonctions de l'embrouilleur de modes et du filtre de modes peut être réalisée au moyen d'un dispositif comportant un nombre de billes métalliques (de dimensions 1 à 5 mm), réparties aléatoirement mais dont les faces supérieures sont alignées. Une fibre de type similaire à celui de la fibre en essai est appliquée par une pression verticale sur ce lit de billes sur une longueur d'environ 0,5 m. Le réglage de la force de pression permet d'obtenir l'ajustement de la répartition de puissance émise à l'extrémité d'une courte longueur de la fibre de manière identique à celle décrite au 4.5.2.1.2.

4.5.2.2 Injection par système d'optique géométrique

Une injection à limitation spatiale (LS) est définie comme une injection produite de manière géométrique remplissant uniformément 70 % du diamètre de cœur et 70 % de l'ouverture numérique de la fibre en essai. Il s'agit de la répartition de puissance géométrique maximale qui n'injecte pas de puissance dans les modes évanescents. Ainsi, dans le cas d'une fibre multimodale à gradient d'indice 50/125 μm d'ouverture numérique 0,2, les conditions d'injection LS correspondent à un diamètre de tache uniforme de 35 μm et à une ouverture numérique de 0,14.

Pour le même type de fibre, le CCITT utilise actuellement une tache de 26 μm et une ouverture numérique de 0,11.

4.5.2 Examples of launching conditions

4.5.2.1 Mode filters

4.5.2.1.1 Dummy fibre mode filter

A fibre of a similar type to that of the test fibre is selected. The fibre should be long enough (typically equal to or greater than 1 km) so that the power distribution carried by the fibre, when the launch source of 4.5.1.2.3 is used, is a steady state distribution.

4.5.2.1.2 Mandrel wrap mode filter

Another mode filter takes the form of a mandrel around which a few turns (typically three to five turns) of the fibre under test is wound with low tension. The mandrel diameter is selected to ensure that the transient modes excited in the test fibre have been attenuated to steady state. A far field measurement shall be used to compare the power distribution exiting a long length of test fibre (greater than 1 km) that has been excited with a uniformly overfilling source, with the power distribution exiting a short length of the fibre with the mandrel applied. The mandrel diameter is selected to produce a far field distribution in the short length that approximates the long length far field power distribution.

The numerical aperture (as measured by Method IEC 793-1-C6) of the radiation pattern exiting the short length should be 94 % to 100 % of the numerical aperture of the long length pattern.

The diameter of the mandrel may differ from fibre to fibre depending on fibre and coating type. Common prescriptions consist of diameters in the range of 15 mm to 40 mm with five turns of fibre within a 20 mm length of the mandrel.

4.5.2.1.3 Combined mode scrambler and mode filter

The functions of the mode scrambler and the mode filter can be combined by using a device with a number of metal balls (sizes 1 mm to 5 mm), randomly distributed but with the top faces in line. A fibre of a similar type to that of the test fibre is pressed down against this bed of bearing balls over a length of about 0,5 m. Regulation of force allows the distribution of the power emerging from a short length of fibre to be adjusted in the same way as described in 4.5.2.1.2.

4.5.2.2 Geometrical optics launch

A limited phase space (LPS) launch is defined as a geometrically produced launch which uniformly fills 70 % of the test fibre's core diameter and 70 % of the test fibre's numerical aperture. This is the maximal geometrically launched power distribution which does not launch power into leaky, unbounded modes. Thus, for a 50/125 μm , 0,2 NA graded index multi mode fibre, the LPS launch condition consists of a uniform 35 μm spot and 0,14 NA.

Currently, CCITT uses a 26 μm spot and 0,11 NA for the same fibre.

La figure 16 présente un exemple de montage optique nécessaire pour produire l'injection LS. Il est important de s'assurer que l'axe du faisceau d'injection coïncide avec celui de la fibre, de telle manière que la tache et le cône de lumière incidente soient centrés sur le coeur de la fibre. En outre, le système optique d'injection doit être adapté aux longueurs d'onde d'utilisation afin de permettre une mesure correcte.

4.5.3 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 17 et 18 donnent à titre d'exemple 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 50 % d'intensité optique de la source employée) doit être spécifiée de telle manière qu'elle soit étroite par rapport à toute caractéristique d'affaiblissement spectrale de la fibre. Celle-ci doit être alignée sur le cône d'injection ou raccordée coaxialement à une fibre d'injection.

c) Ensemble photodétecteur

Il est nécessaire d'utiliser un moyen pour coupler la totalité de la puissance émise par la fibre en essai à la zone active du détecteur. Par exemple, il est possible d'utiliser un système optique de lentilles, une épissure à indice adapté placée à l'extrémité d'une fibre amorce, ou un couplage à indice adapté, directement vers le détecteur. Si le détecteur est déjà muni d'une fibre amorce, le diamètre du coeur et l'ouverture numérique de cette fibre amorce doivent être suffisamment importants pour intercepter toute la lumière émise par les fibres de référence et en essai.

Il est nécessaire d'utiliser un détecteur optique linéaire et stable sur toute la plage d'intensités et pendant tous les temps de mesure rencontrés lors de la réalisation de cette mesure. Un système type peut comporter une photodiode en mode photovoltaïque amplifiée par un amplificateur d'entrée de courant, la détection synchrone étant assurée par un amplificateur à verrouillage.

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. Il convient que le système de détection soit pratiquement linéaire ou ait 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.

An example of optics necessary to produce the LPS launch is given in figure 16. It is important to ensure that the axis of the launch beam is coincident with the axis of the fibre so that the spot and incident cone of light are centered on the core of the fibre. Also, the optical system shall be set up at the wavelengths of operation to ensure proper measurement.

4.5.3 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 17 and 18.

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 shall be stable in position, intensity and wavelength over a time period sufficiently long to complete the measurement procedure. The spectral line width (between the 50 % 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 detection assembly

Means shall be employed to couple all power emitted from the test fibre to the active region of the detector. For example, an optical lens system, an index matched butt splice to a fibre pigtail, or index matched coupling directly to the detector may be used. If the detector is already pigtailed, the pigtail fibre shall have sufficiently large core diameter and numerical aperture to capture all of the light exiting the reference and test fibres.

An optical detector which is linear and stable over the range of intensities and measurement times that are encountered in performing this measurement shall be used. A typical system might include a photovoltaic mode photodiode amplified by a current input amplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier.

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.

4.5.4 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 .

4.5.5 Résultats

4.5.5.1 Les renseignements suivants doivent être fournis:

- date de l'essai,
- désignation de l'essai,
- identification de la fibre,
- longueur de l'échantillon,
- humidité relative et température ambiante.
- affaiblissement spectral en dB ou affaiblissement linéique en dB/km en fonction de la longueur d'onde, ou à une ou plusieurs longueurs d'onde données, comme exigé dans la spécification particulière.

4.5.5.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- type de la source,
- largeur spectrale de la source,
- technique d'injection,
- disposition du montage d'essai.

4.5.4 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 .

4.5.5 Results

4.5.5.1 The following data shall be reported:

- date of the test,
- title of the test,
- fibre identification,
- length of the sample,
- relative humidity and ambient temperature.
- spectral attenuation in dB or attenuation coefficient in dB/km versus wavelength or at specific wavelength(s) as required by the detail specification.

4.5.5.2 The following data shall be available upon request:

- type of source,
- spectral width of the source,
- launching technique,
- test arrangement.

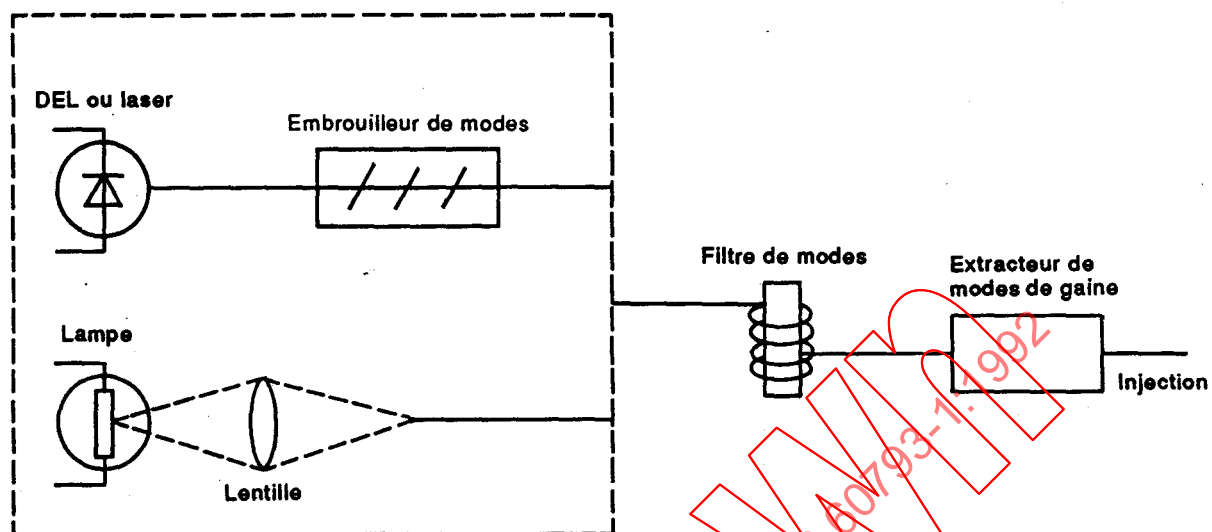
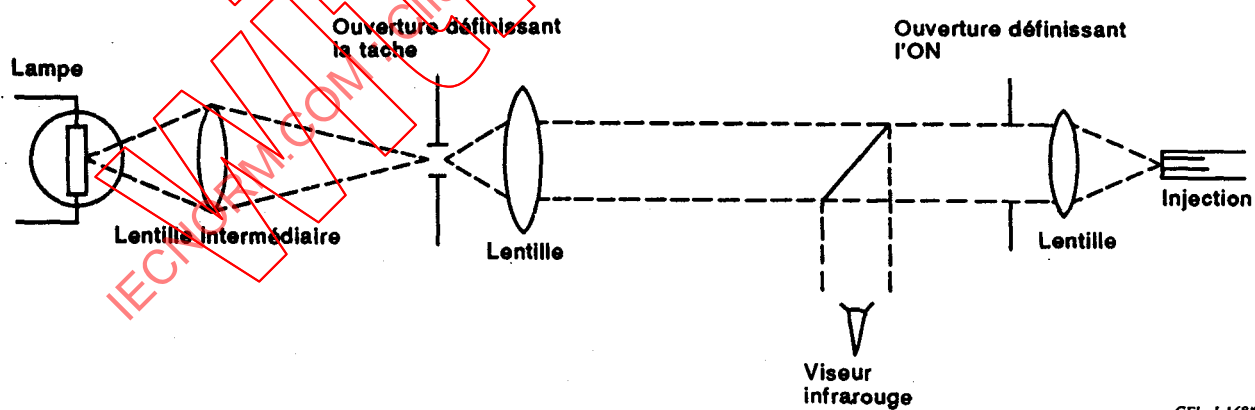


Figure 15 – Montage général d'injection



CEI 1168/92

Figure 16 – Montage optique d'injection à limitation spatiale

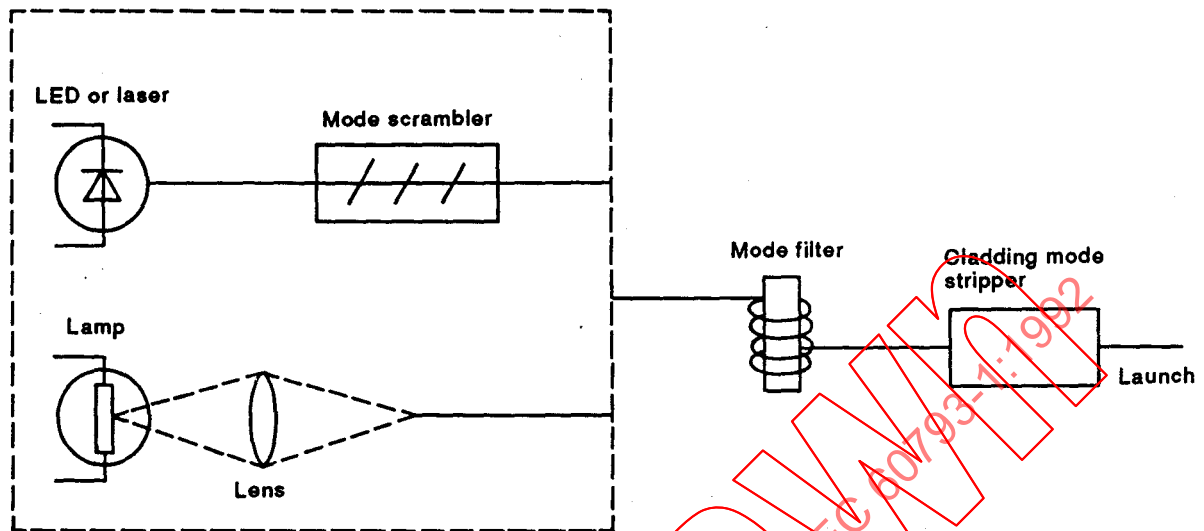
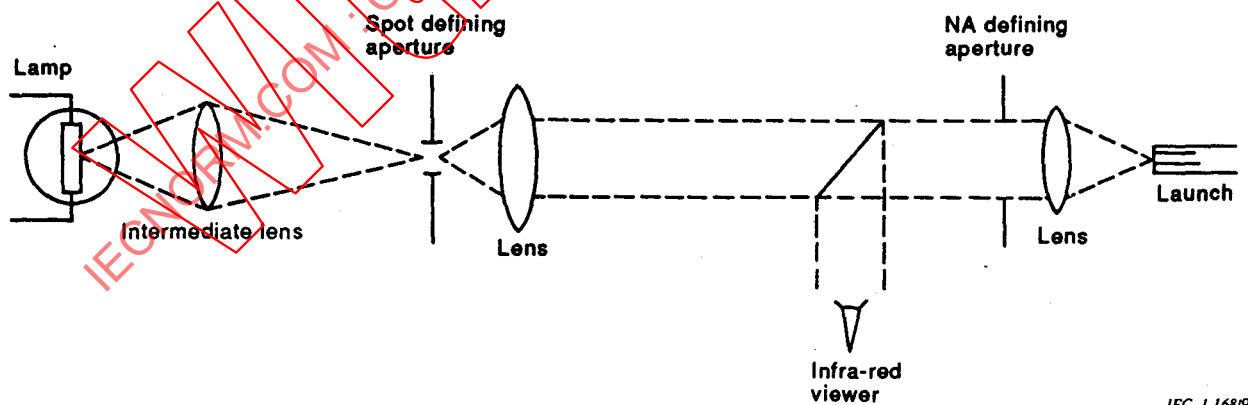


Figure 15 – General launch arrangement



IEC 1168192

Figure 16 – Limited phase space launch optics

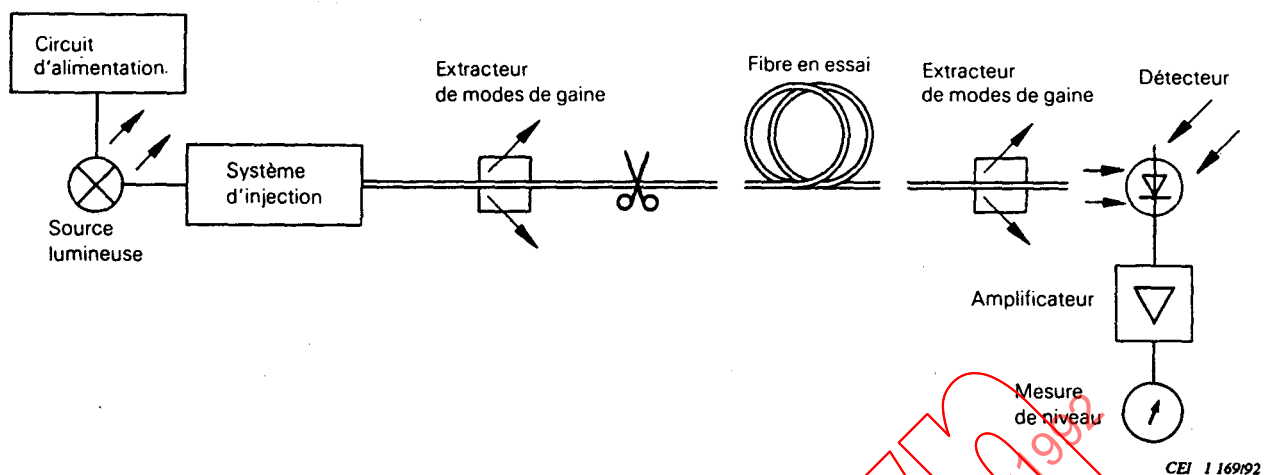


Figure 17 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement à une longueur d'onde spécifiée

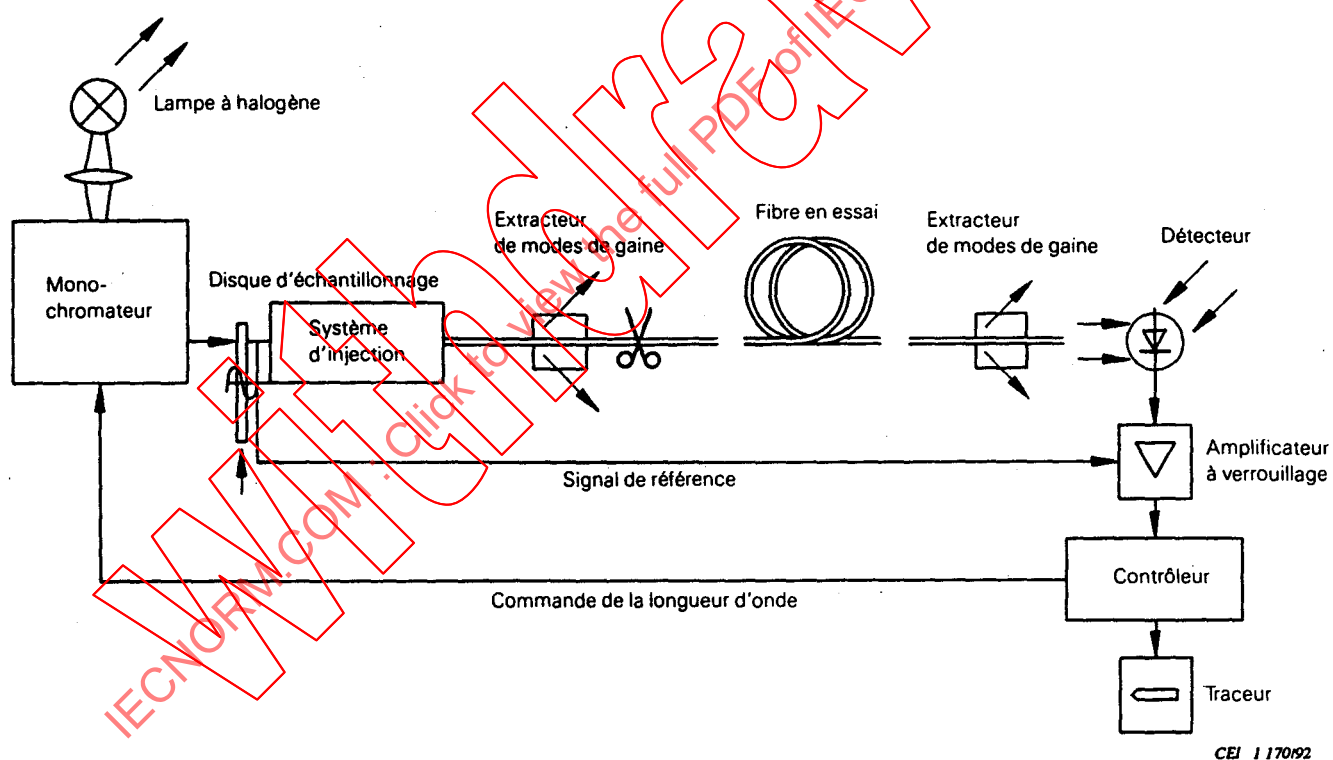


Figure 18 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement spectral

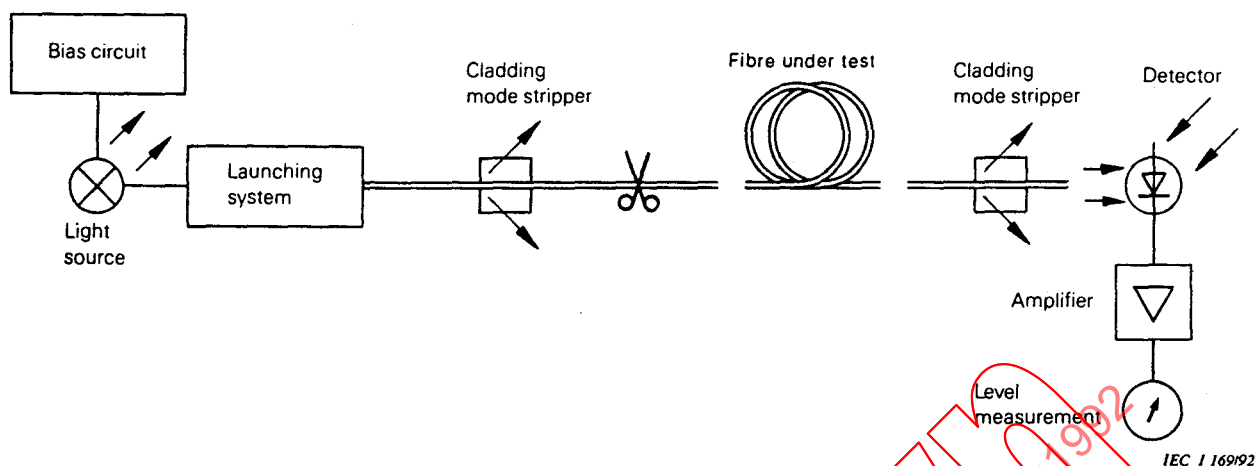


Figure 17 – Arrangement of test equipment to make loss measurement at one specified wavelength

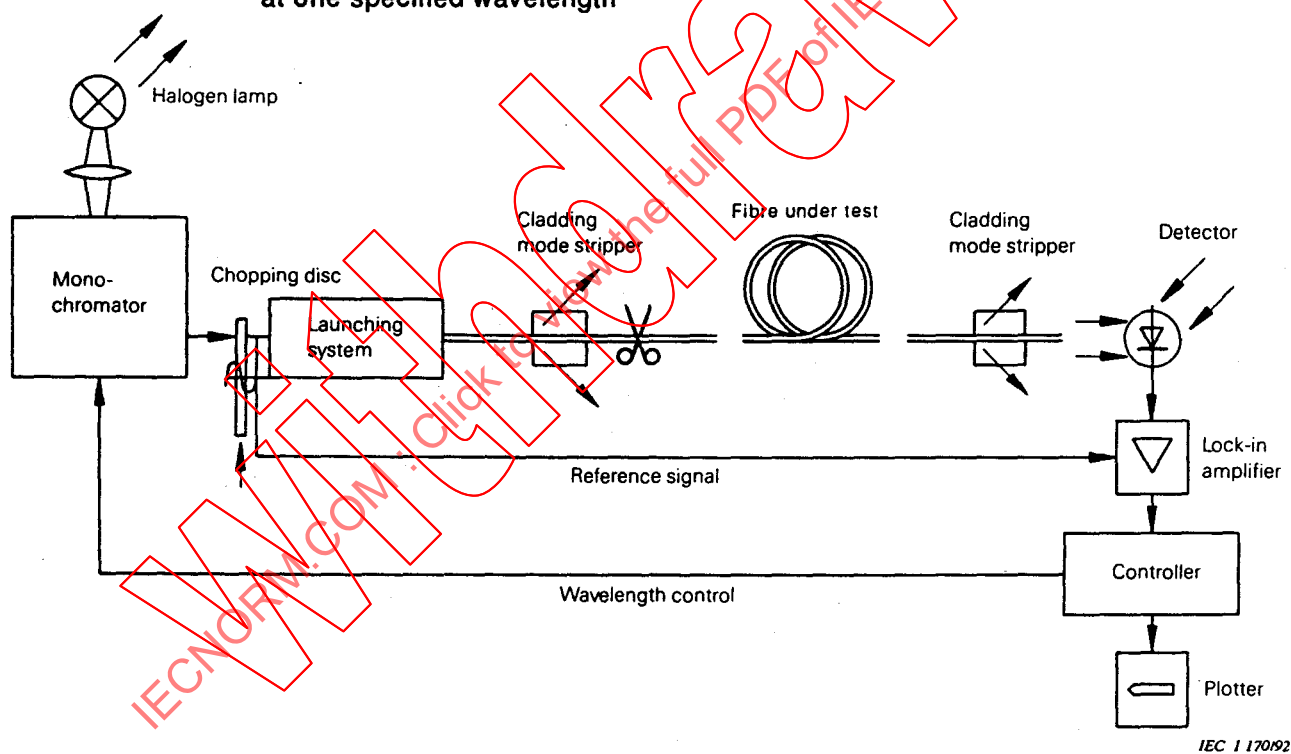


Figure 18 – Arrangement of test equipment used to obtain the loss spectrum

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

4.6.1 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.

4.6.2 Conditions d'injection

Les conditions d'injection prescrites sont similaires à celles décrites en 4.5.1.

Les conditions d'injection dans la fibre de référence et dans la fibre en essai doivent être les mêmes.

4.6.3 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 à titre d'exemple aux figures 19 (étalonnage) et 20 (mesure).

b) Source optique

Voir le point b) de 4.5.3.

c) Montage de détection optique

Voir le point c) de 4.5.3.

d) Traitement du signal

Voir le point d) de 4.5.3.

e) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) de 4.5.3.

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 coeur à coeur.

g) Fibre de référence

La fibre de référence doit être du même type que celle en essai.

4.6.4 Procédure

a) Le dispositif de mesure est initialement étalonné afin d'obtenir le niveau de référence d'entrée P_1 . Il est nécessaire d'utiliser le même type de fibre comme fibre de référence pour l'étalonnage initial.

La longueur de la fibre de référence doit être faible (par exemple 2 m) de façon à pouvoir négliger son affaiblissement.

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.

4.6 Method IEC 793-1-C1B – Insertion loss technique

4.6.1 Object

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

4.6.2 Launching conditions

The required launching conditions are similar to those described in 4.5.1.

The launching conditions of both reference fibre and fibre under test shall be the same.

4.6.3 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 19 (calibration) and 20 (measurement).

b) Optical source

See b) of 4.5.3.

c) Optical detection assembly

See c) of 4.5.3.

d) Signal processing

See d) of 4.5.3.

e) Cladding mode stripper

See e) of 4.5.3.

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.

g) Reference fibre

The reference fibre is to be of the same type as that under test.

4.6.4 Procedure

a) The measurement arrangement is initially calibrated in order to obtain an input reference level P_1 . The same fibre type needs to be used as a reference fibre at the initial calibration.

The length of the reference fibre should be small (for example 2 m) so that its attenuation can be neglected.

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) L'affaiblissement de la fibre en essai est calculé selon la formule

$$A = 10 \log_{10} P_1/P_2 \text{ (dB)}$$

Si l'affaiblissement de la fibre de référence ne peut être négligé, il doit être ajouté à la valeur calculée.

4.6.5 Résultats

4.6.5.1 Les renseignements suivants doivent être fournis:

- date de l'essai,
- désignation de l'essai,
- identification de la fibre,
- longueur de l'échantillon,
- humidité relative et température ambiante,
- affaiblissement spectral en dB ou affaiblissement linéique en dB/km en fonction de la longueur d'onde, ou à une ou plusieurs longueurs d'onde données, comme exigé dans la spécification particulière.

4.6.5.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- type de la source,
- largeur spectrale de la source,
- technique d'injection,
- dispositif du montage d'essai.

- c) The attenuation of the fibre under test is calculated according to the formula

$$A = 10 \log_{10} P_1/P_2 \text{ (dB)}$$

If the attenuation of the reference fibre cannot be neglected, it shall be added to the calculated value.

4.6.5 Results

4.6.5.1 The following data shall be reported:

- date of measurement,
- title of the test,
- fibre identification,
- length of the sample,
- relative humidity and ambient temperature.
- spectral attenuation in dB or attenuation coefficient in dB/km versus wavelength or at specific wavelength(s) as required by the detail specification.

4.6.5.2 The following data shall be available upon request:

- type of source,
- spectral width of the source,
- launching technique,
- test arrangement.

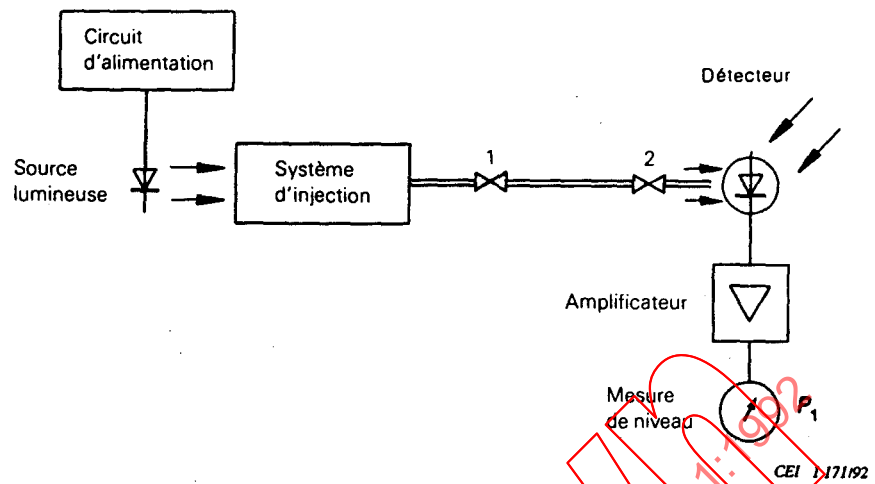


Figure 19 – Dispositif d'étalonnage de la mesure des pertes d'insertion

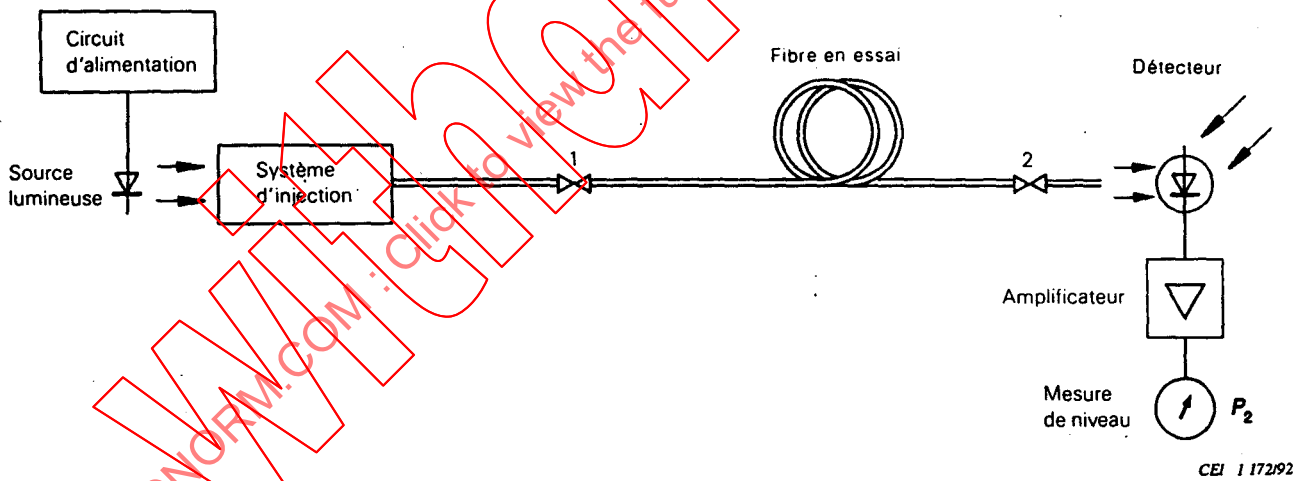


Figure 20 – Mesure des pertes d'insertion

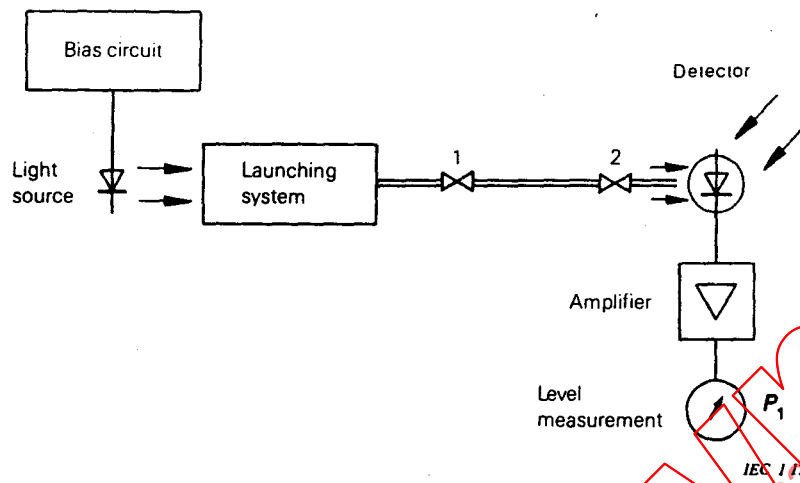


Figure 19 – Calibration of insertion loss measuring set

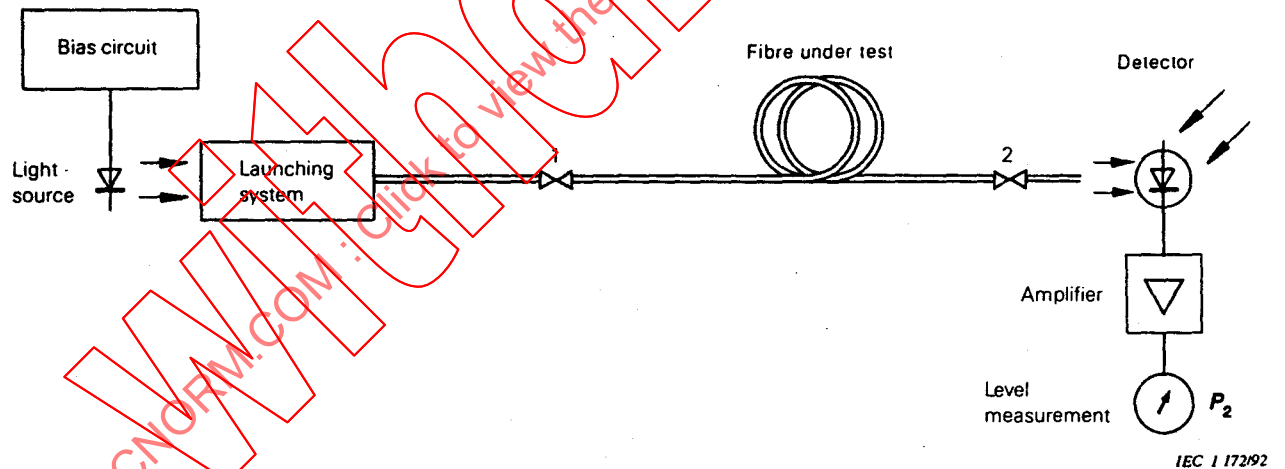


Figure 20 – Measurement of insertion loss

4.7 Méthode CEI 793-1-C1C – Technique de rétrodiffusion

4.7.1 Objet

La présente procédure décrit les trois mesures fondamentales qu'il est possible d'effectuer à l'aide d'un réflectomètre optique fonctionnant dans le domaine temporel (RODT): l'affaiblissement ou l'affaiblissement linéique (4.7.4), la longueur (4.7.5), ainsi que les positions, les pertes et le caractère des défauts ponctuels sur toute la longueur d'une fibre optique ou d'un câble à fibres optiques (4.7.6). Ces procédures sont destinées aux essais de contrôle de la qualité et aux essais de recette et peuvent convenir à des fins d'installation et d'entretien.

Il est également possible d'utiliser un RODT pour mesurer la continuité optique et estimer de façon approximative la continuité d'une liaison par fibres optiques.

4.7.2 Appareillage

Normalement, un RODT doit se composer au moins de la liste de composants suivante (voir figure 21):

4.7.2.1 Emetteur optique

Il comporte habituellement une source composée d'une diode laser pulsée capable de générer une ou plusieurs largeurs d'impulsions et une ou plusieurs fréquences de répétition d'impulsions. Les instruments à longueurs d'onde multiples disposent généralement de plusieurs sources, dont la valeur nominale se situe autour de 850 nm, 1 310 nm ou 1 550 nm, ou conformément aux prescriptions de la spécification particulière. Pour ce qui concerne la mesure de l'affaiblissement, la (les) longueur(s) d'onde centrale(s) doit (doivent) être dans l'intervalle de XX nm. Si la valeur XX est supérieure à ± 10 nm, cela doit être précisé avec les résultats (4.7.7). La largeur de l'impulsion à mi-hauteur (LMH) ne doit pas dépasser 10 nm, sauf indication contraire dans la spécification particulière. Pour ce qui concerne la mesure de la longueur et des défauts ponctuels, la (les) longueur(s) d'onde centrale(s) doit (doivent) être comprise(s) dans les limites de ± 20 nm de la valeur spécifiée, sauf indication contraire dans la spécification particulière. Il est nécessaire de vérifier périodiquement la (les) longueur(s) d'onde centrale(s) et la (les) largeur(s) spectrales à l'aide d'un instrument de mesure approprié, tel qu'un analyseur de spectre optique.

NOTE – Pour une mesure courante de l'affaiblissement, une valeur de ± 20 nm pour XX est considérée comme acceptable pour la tolérance de la longueur d'onde centrale nominale. Pour des mesures très précises, la valeur de XX doit être de l'ordre de ± 10 nm, ce qui constitue une valeur cohérente par rapport à la mesure de l'affaiblissement par la méthode de la fibre coupée (méthode 793-1-C1A).

4.7.2.2 Accès de sortie

Il est nécessaire de prévoir des moyens permettant de relier la fibre en essai (ou la fibre amorce décrite en 4.7.2.9) au panneau de l'instrument ou à une fibre amorce en provenance de la source.

4.7.2.2.1 Il est possible que les sources optiques ne génèrent pas des conditions d'injection bien maîtrisées ou adaptées à cette procédure d'essai. Par conséquent, sauf indication contraire dans la spécification particulière, les conditions d'injection relatives aux mesures de l'affaiblissement doivent être celles employées lors des mesures de l'affaiblissement par la méthode de la fibre coupée (méthode 793-1-C1A). Pour ce qui concerne la mesure de la longueur, il est possible que les conditions d'injection ne soient pas critiques. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, les conditions

4.7 Method IEC 793-1-C1C – Backscattering technique

4.7.1 Object

This procedure describes the three basic measurements which can be made using an optical time-domain reflectometer (OTDR) – attenuation or attenuation coefficient (4.7.4), length (4.7.5), and the positions, losses, and character of point defects along an optical fibre or fibre cable (4.7.6). These procedures are intended for quality control and acceptance testing and may also be appropriate for installation and maintenance purposes.

An OTDR may also be used to measure optical continuity providing a rough estimate of whether or not a fibre optic link is continuous.

4.7.2 Apparatus

An OTDR shall normally consist of the following minimal list of components (see figure 21).

4.7.2.1 Optical transmitter

This usually includes a pulsed laser diode source capable of one or more pulse durations and pulse repetition rates. Multiple wavelength instruments usually have multiple sources, nominally around 850 nm, 1 310 nm, or 1 550 nm, or as specified in the detail specification. For attenuation measurement, the central wavelength(s) shall lie within XX nm. If XX is greater than ± 10 nm, it shall be reported in the results (4.7.7). The Full Width Half Maximum (FWHM) shall not exceed 10 nm unless specified in the detail specification. For length and point defect measurements, the central wavelength(s) shall lie within ± 20 nm of the specified value, unless otherwise specified in the detail specification. The central wavelength(s) and spectral width(s) shall be periodically verified using a suitable measuring instrument, such as optical spectrum analyzer.

NOTE – For normal attenuation measurement, a value of ± 20 nm for XX is acceptable for the nominal central wavelength tolerance. For very accurate measurements the value of XX shall be within ± 10 nm which is consistent with the cutback attenuation measurement Method IEC 793-1-C1A.

4.7.2.2 Output port

Means shall be provided for connecting the test fibre (or the optional dead-zone fibre of 4.7.2.9) to the instrument panel or to a fibre pigtail from the source.

4.7.2.2.1 Optical sources may not produce launch conditions that are well controlled or appropriate to this test procedure. Therefore, unless otherwise specified in the detail specification, launch conditions for attenuation measurements shall be those used in cutback attenuation measurements (Method IEC 793-1-C1A). For length measurement, launch conditions may not be critical. Unless otherwise specified in the detail specification, launch conditions for length measurement shall be at the

d'injection relatives à la mesure de la longueur doivent être laissées à la discrétion du personnel chargé des essais. Etant donné que les mesures des défauts ponctuels se composent de la mesure de l'affaiblissement et de la mesure de la longueur, les conditions d'injection doivent être celles employées lors des mesures de l'affaiblissement par la méthode de la fibre coupée, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

4.7.2.2.2 Il convient de noter que les sources des systèmes de transmission peuvent avoir des conditions d'injection différentes de celles spécifiées en 4.7.2.2.1. Pour les besoins de qualification, les conditions d'injection doivent faire l'objet d'un accord dans la spécification particulière.

4.7.2.3 *Dérivateur optique*

Un coupleur/dérivateur installé dans l'instrument permet de diriger la puissance émise par l'émetteur vers la fibre. Ce dispositif dirige également la lumière retournant dans la fibre en sens inverse vers le récepteur.

4.7.2.4 *Récepteur optique*

Le récepteur optique comporte habituellement un détecteur à photodiode dont la largeur de bande, la sensibilité, la linéarité et la gamme dynamique sont compatibles avec les largeurs d'impulsions utilisées et les niveaux des signaux reçus.

4.7.2.5 *Durée d'impulsion et fréquence de répétition*

Il est possible de munir le RODT de commandes permettant de choisir plusieurs durées d'impulsions et fréquences de répétition (parfois couplées avec la commande de distance) afin de trouver un compromis optimal entre résolution et portée. Avec certains instruments, l'optimisation peut être effectuée automatiquement. En présence d'une réflexion d'amplitude importante, le réglage de la fréquence de répétition ou de la portée à une valeur supérieure au double de la distance au point de réflexion peut s'avérer nécessaire pour éviter la génération d'images «fantômes» parasites. Il est également possible d'employer des techniques de codage d'impulsions.

NOTE - Des précautions doivent être prises lors de la sélection de la durée d'impulsion, de la fréquence de répétition des impulsions et de la puissance de la source. Pour ce qui concerne la mesure de longueurs peu importantes, des largeurs d'impulsions réduites sont nécessaires pour garantir la résolution nécessaire. Ceci affectera, à son tour, la dynamique de mesure qui affecte la longueur maximale mesurable. La dynamique de mesure peut alors être accrue en augmentant la puissance optique de crête du rayonnement laser jusqu'au voisinage du point où des phénomènes non linéaires apparaissent dans la fibre.

4.7.2.6 *Dispositif de traitement du signal*

Une commande peut permettre l'obtention d'un signal moyenné pendant un temps de mesure plus long pour améliorer le rapport signal sur bruit. Des réglages du signal en temps réel sont permis avec le moyenneur stoppé, ou avec des balayages rapides pendant un court intervalle de temps.

4.7.2.7 *Affichage*

Il peut s'agir, par exemple, d'un tube cathodique ou d'un affichage à cristaux liquides, ou des deux, ou d'une partie de calculateur. Les caractéristiques typiques incluent:

discretion of the test personnel. Since point defect measurements consist of length and attenuation measurement, launch conditions shall be those used in cutback attenuation measurements unless otherwise specified in the detail specification.

4.7.2.2.2 Note that transmission system sources may have launch conditions that differ from those of 4.7.2.2.1. For Qualification Approval purposes, the launch conditions shall agree in the detail specification.

4.7.2.3 *Optical splitter*

A coupler/splitter within the instrument directs the power from the transmitter into the fibre. It also directs light returning in the fibre from the opposite direction to the receiver.

4.7.2.4 *Optical receiver*

This usually includes a photodiode detector having a bandwidth, sensitivity, linearity, and dynamic range compatible with the pulse durations used and signal levels received.

4.7.2.5 *Pulse duration and repetition rate*

Controls on the OTDR may be provided to allow a choice of several pulse durations and repetition rates (sometimes coupled to the distance control) to optimize the trade-off between resolution and range. With some instruments, optimization may be done automatically. With a high amplitude reflection, it may be necessary to set the rate or range to a value exceeding twice the distance to the reflection to prevent spurious "ghost" images. Pulse coding techniques may also be employed.

NOTE - Care should be taken when selecting the pulse duration, repetition rate, and source power. For short length measurements, short pulse durations are necessary in order to provide necessary resolution. This in turn will affect dynamic range which impacts the maximum length measurable. The dynamic range can then be increased by increasing the peak laser optical power short of the point at which non-linear phenomena occur in the fibre.

4.7.2.6 *Signal processor*

A control may allow the use of signal averaging over a longer measurement time to enhance the signal-to-noise ratio. Real-time adjustments to the signal are allowed with the averager off, or with high speed sweeps over a short time interval.

4.7.2.7 *Display*

This may be, for example, a Cathode Ray Tube (CRT) or Liquid Crystal Display (LCD) or both, or part of a computer. Typical features include:

4.7.2.7.1 Afficheur graphique: l'échelle verticale doit être graduée en décibels, correspondant à la moitié de l'affaiblissement aller et retour du signal optique en décibel. L'échelle horizontale doit être graduée en mètres ou en kilomètres, avec des longueurs correspondant à la moitié du temps de propagation de groupe aller et retour.

4.7.2.7.2 Contrôleurs graphiques: des commandes sur le panneau de l'instrument doivent permettre le positionnement de la trace sur l'écran d'affichage et permettre l'expansion de zones de l'écran sur une échelle plus faible en longueur ou en décibels. Il est possible de fournir des commandes relatives à un ou à plusieurs curseurs mobiles pour le repérage de points sur la trace.

4.7.2.7.3 Affichage alphanumérique: il peut s'agir d'un dispositif faisant partie de l'afficheur graphique ou d'un dispositif indépendant de celui-ci. Il doit donner les coordonnées des curseurs mobiles, ainsi que toute information supplémentaire appropriée concernant l'instrument.

4.7.2.8 Interface de données (facultative)

L'instrument peut être capable de fournir une copie sur papier de la trace sur l'affichage et d'être relié à un ordinateur.

4.7.2.9 Contrôleur de réflexion (facultatif)

Des moyens, permettant de minimiser la saturation transitoire du récepteur due à de fortes réflexions de Fresnel, peuvent être requis pour réduire la longueur de la «zone morte» de la fibre suivant chaque réflexion. Ceci peut être réalisé en les incorporant dans le dispositif de coupleur/dérivateur ou par masquage électronique. Pour supprimer la première réflexion au niveau du connecteur du RODT, il est possible d'utiliser une fibre amorce (présentant une longueur en mètres numériquement supérieure à un dixième de la durée de l'impulsion en nanosecondes) entre le connecteur du RODT et l'échantillon en essai. Pour ce qui concerne la mesure de la longueur par la méthode C à point unique (4.7.5.8), la fibre amorce doit avoir une longueur z_0 , connue avec précision.

4.7.2.10 Epissures et connecteurs

Sauf spécification contraire dans la présente procédure, les épissures et les connecteurs éventuellement requis par le RODT (par exemple, pour relier le RODT ou la fibre amorce à la fibre en essai) doivent présenter une faible perte d'insertion et un faible facteur de réflexion (affaiblissement de réflexion élevé). Ces conditions sont requises pour minimiser les influences externes sur la courbe de rétrodiffusion RODT. Avec certains RODT, ces connexions peuvent être optimisées à l'aide d'un signal en temps réel tel que décrit en 4.7.2.6.

4.7.3 Echantillon en essai

4.7.3.1 L'échantillon en essai est présenté sous la forme d'une fibre enroulée autour d'une bobine ou contenue dans un câble, ou respectant des conditions indiquées dans la spécification particulière. La mesure peut être effectuée en usine ou sur site, sur des sections séparées ou reliées entre elles.

NOTE - Des précautions doivent être prises pour que la tension d'enroulement de la fibre n'introduise ni affaiblissement artificiel pour les mesures de l'affaiblissement ou des défauts ponctuels, ni allongement important pour les mesures de la longueur ou des défauts ponctuels.

4.7.2.7.1 Graphical display: the vertical graduated scale shall be in decibels, corresponding to half the decibel change of the round-trip optical signal loss. The horizontal graduated scale shall be in metres or kilometres with lengths corresponding to half the round-trip optical group delay.

4.7.2.7.2 Graphical controllers: instrument panel controls shall allow positioning of the trace on the display, and shall allow expanding portions of the display over a smaller range of length or decibels. Controls for one or more movable cursors capable of marking points on the trace may be provided.

4.7.2.7.3 Alphanumeric display: this may be part of, or separate from, the graphical display. It shall give the coordinates of the movable cursors, plus any additional information appropriate for the instrument.

4.7.2.8 Data interface (optional)

The instrument may be capable of providing a hardcopy of the display trace, and of interfacing with a computer.

4.7.2.9 Reflection controller (optional)

Means of minimizing transient saturation of the receiver due to high Fresnel reflections may be required to reduce the length of fibre "dead zone" following each reflector. This can be incorporated into the coupler/splitter, or may be done by electronic masking. To overcome the initial reflection at the OTDR connector, a dead-zone fibre (with a length in meters numerically exceeding one-tenth the displayed pulse duration in nanoseconds) may be used between the OTDR connector and the test sample. For length measurement by the single-point method C (4.7.5.8), the dead-zone fibre shall have an accurately known length z_D .

4.7.2.10 Splices and connectors

Unless otherwise indicated in this procedure, any splices or connectors required by the OTDR (e.g., to join the OTDR or the dead-zone fibre to the test fibre) shall have low insertion loss and reflectance (high return loss). This is to minimize extraneous effects upon the OTDR trace of interest. With some OTDRs, these connections may be actively optimized with the help of a real-time signal as in 4.7.2.6.

4.7.3 Test sample

4.7.3.1 This is a fibre on a reel or within a cable, or under conditions specified in the detail specification. The measurement may be performed in the factory or in the field, upon either single or concatenated sections.

NOTE - Care should be taken so that winding tension does not introduce artificial attenuation for point defect or attenuation measurements or substantial elongation for length or point defect measurements.

4.7.3.2. Si l'indice effectif de propagation de groupe n'est pas connu et qu'une mesure de longueur doit être effectuée, il est nécessaire de prévoir une fibre ou un câble d'étalonnage, similaire à l'échantillon en essai indiqué en 4.7.3.1; voir 4.7.5.9.

4.7.4 *Procédure d'essai – Mesure de l'affaiblissement d'une fibre ou d'un câble à l'aide d'un RODT*

Le présent paragraphe décrit l'utilisation d'un RODT pour la mesure indirecte de l'affaiblissement ou de l'affaiblissement linéique d'une fibre optique ou d'un câble à fibres optiques. Il est possible d'obtenir des valeurs plus précises en effectuant des mesures de l'affaiblissement spectral par la méthode de la fibre coupée. Si les valeurs obtenues à partir de ces deux méthodes sont différentes les unes des autres, les valeurs obtenues par la dernière méthode décrite seront considérées comme correctes, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

4.7.4.1 Connecter l'échantillon en essai à l'instrument ou à une extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée). Connecter l'autre extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée) à l'instrument.

4.7.4.2 Si l'affaiblissement linéique et des distances précises doivent être enregistrées, l'indice effectif de propagation de groupe de la fibre à mesurer est exigé. Si cette valeur n'est pas connue, appliquer la méthode d'essai prescrite pour la mesure de la longueur des fibres ou des câbles (4.7.5) pour la déterminer.

4.7.4.3 Introduire les paramètres du RODT, tels que la longueur d'onde de la source, la durée d'impulsion, la plage de longueurs, ainsi que le moyennage du signal dans l'instrument et l'indice de propagation de groupe de l'échantillon en essai (si celui-ci est prescrit par le 4.7.4.2). Les valeurs de certains de ces paramètres peuvent être pré-sélectionnées dans l'instrument.

4.7.4.4 Ajuster l'instrument de manière à faire apparaître un signal de rétrodiffusion en provenance de l'échantillon en essai. Il peut être avantageux de commencer par un réglage grossier de l'échelle en vertical et en horizontal pour maximaliser la longueur affichée. Un exemple est donné à la figure 22.

4.7.4.5 Si une résolution accrue est nécessaire, régler, si possible, l'afficheur graphique pour dilater la section intéressante sur une échelle plus grande (en prenant des précautions pour s'assurer que la lecture du signal vrai soit bien distincte du bruit).

4.7.4.5.1 (En option avec 4.7.4.7.3) Si une fibre amorce est utilisée, se reporter à la figure 22. Placer un curseur au début de la trace correspondant à l'échantillon en essai avant toute chute de puissance (opération qui peut s'avérer difficile à effectuer), ou en un point (qui peut être spécifié par le fabricant) sur le front montant de l'impulsion de réflexion. (Si le début de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur). Déterminer la coordonnée z_0 de la distance par l'intermédiaire de l'affichage alphanumérique. Si une fibre amorce n'est pas utilisée, aucun placement de curseur n'est requis; prendre $z_0 = 0$.

4.7.3.2 If the effective group delay index is not known and a length measurement is to be made, a calibration fibre or cable, similar to the test sample in 4.7.3.1, shall be provided; see 4.7.5.9.

4.7.4 *Test procedure – Measurement of fibre or cable attenuation using an OTDR*

The use of an OTDR for indirect measurement of the attenuation or the attenuation coefficient of an optical fibre or fibre cable is described in this subclause. More accurate values may be obtained by using spectral attenuation cut-back measurements. If the values obtained by these two techniques differ from each other, the latter will be accepted as correct, unless otherwise specified in the detail specification.

4.7.4.1 Connect the test sample either to the instrument or to one end of the dead-zone fibre (if used). Connect the other end of the dead-zone fibre (if used) to the instrument.

4.7.4.2 If the attenuation coefficient and accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the test sample is required. If this value is not known, use the test procedure for measurement of fibre or cable length (4.7.5) to determine it.

4.7.4.3 Enter OTDR parameters such as source wavelength, pulse duration, length range, and signal averaging into the instrument, along with the test sample effective group index (if required by 4.7.4.2). The values of some of these parameters may be preset in the instrument.

4.7.4.4 Adjust the instrument to display a backscatter signal from the test sample. It may be advantageous to begin with coarse vertical and horizontal scaling to maximize the length displayed. An example is given in figure 22.

4.7.4.5 If increased resolution is needed, adjust the graphical display, if possible, to expand the section of interest to larger scale (exercising care to assure that proper readings of the true signal can still be distinguished from the noise points).

4.7.4.5.1 (Optional with 4.7.4.7.3) If a dead-zone fibre is used, refer to figure 22. Place a cursor at the beginning of the test sample prior to any power drop-off (which may be difficult to do), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse. (If the beginning is not apparent due to a minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement.) Obtain the distance coordinate z_0 via the alphanumeric display. If a dead-zone fibre is not used, no cursor placement is required; take $z_0 = 0$.

4.7.4.5.2 Placer un curseur au début de la portion linéaire (après l'extrémité proche) de la trace relative à l'échantillon en essai. Si la fibre amorce est utilisée (figure 22), placer le curseur au-delà du recouvrement de la légère réflexion à l'extrémité de la fibre amorce. Si la fibre amorce n'est pas utilisée (figure 23), placer le curseur au-delà de la zone morte après le connecteur du RODT. Déterminer les coordonnées relatives à la distance et à la puissance z_1 , P_1 par l'intermédiaire de l'afficheur alphanumérique.

4.7.4.5.3 Placer le même curseur ou un autre curseur à la fin de la trace correspondant à l'échantillon en essai en un point similaire à celui indiqué au 4.7.4.5.1. Si la fin de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur.

A titre de méthode alternative, fracturer l'extrémité distante de la fibre, si possible, pour générer une réflexion en ce point. Déterminer les coordonnées z_2 , P_2 .

4.7.4.6 Répéter l'essai pour un signal injecté dans l'échantillon en essai dans la direction opposée et pour d'autres longueurs d'onde, sauf indication contraire dans la spécification particulière. Les courbes dans les deux directions à la même longueur d'onde sont moyennées pour éliminer les effets des propriétés de la rétrodiffusion variables avec la longueur, telles qu'un gain apparent. Il en résulte un résultat estimé de l'affaiblissement plus précis.

4.7.4.7 Effectuer les calculs prescrits dans la spécification particulière.

4.7.4.7.1 L'affaiblissement unidirectionnel de rétrodiffusion de la section de fibre ou de câble, commençant après la zone morte est donné par $(P_1 - P_2)$ dB.

4.7.4.7.2 L'affaiblissement linéique unidirectionnel de rétrodiffusion de la section de fibre ou de câble est donné par $a = (P_1 - P_2)/(z_2 - z_1)$ dB/km.

4.7.4.7.3 (En option avec le 4.7.4.5.1) L'affaiblissement unidirectionnel par rétrodiffusion de la longueur totale de la fibre ou du câble est donné par $(P_1 - P_2) + a(z_1 - z_0)$ dB (où a est précisé en 4.7.4.7.2) ou de façon équivalente par $(P_1 - P_2)(z_2 - z_0)/(z_2 - z_1)$ dB.

4.7.4.7.4 Certains RODT peuvent effectuer automatiquement les soustractions à deux points indiquées aux 4.7.4.7.1 à 4.7.4.7.3.

NOTE - Certains RODT peuvent aussi effectuer une approximation de droite par la méthode des moindres carrés, mais il est possible que cette méthode fournisse des résultats différents de ceux obtenus par la méthode des soustractions à deux points. Ce type de calcul doit être indiqué dans la spécification particulière.

4.7.4.7.5 Comme en 4.7.4.6, répéter les calculs pour toutes les mesures effectuées dans la direction opposée et pour d'autres longueurs d'onde. Moyenner les calculs effectués pour les deux directions à la même longueur d'onde pour obtenir l'affaiblissement. Certains RODT peuvent effectuer les calculs automatiquement.

4.7.5 Procédure d'essai – Mesure de la longueur d'une fibre ou d'un câble à l'aide d'un RODT

La présente méthode décrit l'utilisation d'un RODT pour mesurer la longueur d'une fibre optique ou d'un câble à fibres optiques.

4.7.4.5.2 Place a cursor on the beginning of the linear portion (after the near-end) of the trace for the test sample. If the dead-zone fibre is used (figure 22), place the cursor beyond the recovery from the small reflection at the end of the dead-zone fibre. If the dead-zone fibre is not used (figure 23), place the cursor beyond the dead-zone of the OTDR connector. Obtain the distance and power coordinates z_1 , P_1 via the alphanumeric display.

4.7.4.5.3 Place the same or another cursor at the end of the test sample at a point similar to that in 4.7.4.5.1. If the end is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement.

Alternatively, cleave the fibre far-end, if possible, to produce a reflection there. Obtain the coordinates z_2 , P_2 .

4.7.4.6 Repeat the test for a signal launched into the test sample in the opposite direction or for other wavelengths, unless otherwise required by the detail specification. Bi-directional traces at the same wavelength are averaged to eliminate the effects of length-varying backscatter properties such as apparent gain. More accurate loss estimates result.

4.7.4.7 Perform the calculations required in the detail specification.

4.7.4.7.1 The unidirectional backscatter attenuation of the fibre or cable section beginning after the dead-zone is given by $(P_1 - P_2)$ dB.

4.7.4.7.2 The unidirectional backscatter attenuation coefficient of the fibre or cable section is given by $a = (P_1 - P_2)/(z_2 - z_1)$ dB/km.

4.7.4.7.3 (Optional with 4.7.4.5.1) The unidirectional backscatter attenuation of the total fibre or cable section is given by $(P_1 - P_2) + a(z_1 - z_0)$ dB (where a is given in 4.7.4.7.2), or equivalently by $(P_1 - P_2)(z_2 - z_0)/(z_2 - z_1)$ dB.

4.7.4.7.4 Some OTDRs can automatically perform the two-point subtractions in 4.7.4.7.1 to 4.7.4.7.3.

NOTE - Some OTDRs can also utilize a least-squares fit to a line, but this may give results that differ from the two-point subtractions. The type of calculation shall be indicated in the detail specification.

4.7.4.7.5 As per 4.7.4.6, repeat the calculations for any measurements made in the opposite direction and for other wavelengths. Average the calculations made for bi-directional measurements at the same wavelength to achieve the attenuation. Some OTDRs can perform these calculations automatically.

4.7.5 Test procedure – Measurement of fibre or cable length using an OTDR

This procedure describes using an OTDR to measure the length of an optical fibre or fibre cable.

Une méthode à deux points, appelée méthode A est employée lorsqu'une section de fibre ou de câble de longueur inconnue précède la fibre ou le câble en essai.

Il existe deux méthodes à un seul point: la méthode B, qui est utilisée lorsqu'aucune section de fibre ne précède la fibre en essai, alors que la méthode C est utilisée lorsqu'une section de fibre de longueur connue et d'indice de groupe effectif similaire à celui de la fibre à soumettre à l'essai précède cette dernière.

NOTE - Pour ce qui concerne la mesure d'un câble, il est important de noter qu'il y a une sur-longueur de fibre dans le câble, due à la structure de la plupart des câbles. En raison de la sur-longueur des fibres dans un câble, l'indice de groupe effectif du câble est supérieur à l'indice de groupe effectif relatif à une fibre de même type. Ceci engendre un écart entre la longueur de la fibre dans le câble et la longueur du câble.

4.7.5.1 Connecter l'échantillon en essai à l'instrument ou à une extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée). Connecter l'autre extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée) à l'instrument.

4.7.5.2 Etant donné que des distances précises doivent être enregistrées, il est nécessaire de déterminer l'indice effectif de temps de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Si cette valeur n'est pas connue, utiliser la méthode préconisée en 4.7.5.9 pour la déterminer.

4.7.5.3 Introduire les paramètres du RODT, tels que la longueur d'onde de la source, la durée d'impulsion, la plage de longueurs, ainsi que le moyennage du signal dans l'instrument et l'indice de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Les valeurs de certains de ces paramètres peuvent être présélectionnées dans l'instrument.

4.7.5.4 Ajuster l'instrument de manière à faire apparaître un signal de rétrodiffusion en provenance de l'échantillon en essai. Il peut être avantageux de commencer par un réglage grossier de l'échelle en vertical et en horizontal pour maximaliser la longueur affichée.

4.7.5.5 Si une résolution accrue est nécessaire, régler, si possible, l'afficheur graphique pour dilater la section intéressante sur une échelle plus grande (en prenant des précautions pour s'assurer que la lecture du signal vrai soit bien distincte du bruit).

4.7.5.6 Méthode à deux points: méthode A

Cette méthode est employée lorsqu'une section de fibre ou de câble (ou une fibre amorce) précède l'échantillon en essai.

4.7.5.6.1 Placer un curseur au début de la trace correspondant à l'échantillon en essai avant toute chute de puissance (cette opération peut s'avérer difficile à réaliser – figure 24), ou en un point (qui peut être spécifié par le fabricant) sur le front montant de l'impulsion de réflexion (figure 25). Si le début de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. Déterminer la coordonnée z_1 de la distance par l'intermédiaire de l'affichage alphanumérique.

4.7.5.6.2 Placer le même curseur ou un autre curseur à la fin de la trace correspondant à l'échantillon en essai en un point similaire à celui indiqué en 4.7.5.6.1. Si la fin de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée

A two-point method, method A, is employed when a fibre or cable section of unknown length precedes the test fibre or cable.

There are two single-point methods: method B is used with no preceding section, while method C is used with a preceding section of fibre of known length and similar effective group index as the fibre to be tested.

NOTE - For cable measurement, it is important to note that, due to the structure of most cables, there is an excess length of fibre in the cable. Due to excess fibre length within a cable, the cable effective group index exceeds the fibre effective group index for the same fibre type. This will lead to discrepancy between the fibre length in the cable and the cable length.

4.7.5.1 Connect the test sample either to the instrument or to one end of the dead-zone fibre (if used). Connect the other end of the dead-zone fibre (if used) to the instrument.

4.7.5.2 Since accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the test sample is required. If this value is not known, use 4.7.5.9 to determine it.

4.7.5.3 Enter OTDR parameters such as source wavelength, pulse duration, length range, and signal averaging into the instrument, along with the test sample effective group index. The values of some of these parameters may be preset in the instrument.

4.7.5.4 Adjust the instrument to display a backscatter signal from the test sample. It may be advantageous to begin with coarse vertical and horizontal scaling to maximize the length displayed.

4.7.5.5 If increased resolution is needed, adjust the graphical display, if possible, to expand the section of interest to a larger scale (exercising care to assure that proper readings of the true signal can still be distinguished from the noise points).

4.7.5.6 *Two-point method A*

This method is employed when a fibre or cable section (or a dead-zone fibre) of unknown length precedes the test sample.

4.7.5.6.1 Place a cursor at the beginning of the test sample prior to any power drop-off (which may be difficult to do) (figure 24), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse (figure 25). If the beginning is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. Obtain the distance coordinate z_1 via the alphanumeric display.

4.7.5.6.2 Place the same or another cursor at the end of the test sample at a point similar to that in 4.7.5.6.1. (If the end is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. Alternatively,

en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. A titre de méthode alternative, fracturer l'extrémité distante de la fibre, si possible, pour générer une réflexion en ce point. Si la fin de la trace est située en-dessous du palier de bruit (comme l'illustre la figure 22), la mesure de la longueur peut présenter une erreur maximale égale à la largeur d'impulsion. Déterminer la coordonnée z_2 , relative à la distance.

4.7.5.6.3 Pour assurer une précision maximale sur la valeur de la longueur, il est préférable que la nature des points de descente ou de montée en z_1 et z_2 soit semblable. Déterminer la longueur de l'échantillon en essai ($z_2 - z_1$).

4.7.5.7 Méthode à un seul point: méthode B

Cette méthode est employée lorsqu'aucune section de fibre ou de câble (ou fibre amorce) ne précède l'échantillon en essai (figure 26).

4.7.5.7.1 Placer un curseur à la fin de la trace correspondant à l'échantillon en essai avant toute chute de puissance (cette opération peut s'avérer difficile à réaliser), ou en un point (qui peut être spécifié par le fabricant) sur le front montant de l'impulsion de réflexion. Si la fin de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. Si la fin de la trace est située en-dessous du palier de bruit, la mesure de la longueur peut présenter une erreur maximale égale à la largeur d'impulsion. A titre de méthode alternative, fracturer l'extrémité distante de la fibre, si possible, pour générer une réflexion en ce point. Déterminer la coordonnée z_2 , relative à la distance.

4.7.5.7.2 La longueur de l'échantillon en essai est égale à z_2 .

4.7.5.8 Méthode à un seul point: méthode C

Cette méthode est employée lorsqu'une section de fibre ou de câble (ou fibre amorce) de longueur connue z_D précède l'échantillon en essai (figure 27). La longueur peut être obtenue par une mesure mécanique, en utilisant, par exemple, des dispositifs de type à contact munis de compteurs.

NOTE - La fibre utilisée dans la section qui précède (ou la fibre amorce) doit avoir un indice effectif de propagation de groupe similaire à celui de l'échantillon en essai.

4.7.5.8.1 Effectuer les étapes prescrites en 4.7.5.7.1.

4.7.5.8.2 La longueur de l'échantillon en essai est égale à $(z_2 - z_D)$.

4.7.5.9 Détermination de l'indice de groupe

4.7.5.9.1 Déterminer avec précision la longueur physique de la fibre ou du câble d'étalonnage prescrite en 4.7.3.2. Ceci peut être effectué par une mesure mécanique, en utilisant, par exemple, des dispositifs de type à contact munis de compteurs.

4.7.5.9.2 Effectuer les étapes prescrites en 4.7.5.1 pour la fibre ou le câble étalon.

4.7.5.9.3 Effectuer les étapes prescrites en 4.7.5.3, mais avec un indice de groupe choisi arbitrairement.

cleave the fibre far-end, if possible, to produce a reflection there. If the end is below the noise floor (as indicated in figure 22), the length measurement may have a maximum error equal to the pulse length). Obtain the distance co-ordinate z_2 .

4.7.5.6.3 For maximum length accuracy, the nature of the drop-off or rise-time points at z_1 and z_2 should be similar. Obtain the test sample length ($z_2 - z_1$).

4.7.5.7 *Single-point method B*

This is employed when no fibre or cable section (or dead-zone fibre) precedes the test sample (figure 26).

4.7.5.7.1 Place a cursor at the end of the test sample prior to any power drop-off (which may be difficult to do), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse. If the end is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. If the end is below the noise floor, the length measurement may have a maximum error equal to the pulse length. Alternatively, cleave the fibre far-end, if possible, to produce a reflection there. Obtain the distance coordinate z_2 .

4.7.5.7.2 The test sample length equals z_2 .

4.7.5.8 *Single-point method C*

This is employed when a fibre or cable section (or a dead-zone fibre) of known length z_D precedes the test sample (figure 27). The length may be obtained by mechanical measurement, for example by using contact-type devices with counters.

NOTE - The fibre used in the preceding section (or dead-zone fibre) should have similar effective group index as the test sample.

4.7.5.8.1 Perform the steps of 4.7.5.7.1.

4.7.5.8.2 The test sample length equals ($z_2 - z_D$).

4.7.5.9 *Determination of group index*

4.7.5.9.1 Accurately determine the physical length of the calibration fibre or cable required in 4.7.3.2. This may be done by mechanical measurement, for example by using contact-type devices with counters.

4.7.5.9.2 Perform the steps of 4.7.5.1 for the calibration fibre or cable.

4.7.5.9.3 Perform the steps of 4.7.5.3, but with an arbitrary group index.

4.7.5.9.4 Placer un curseur au début de la trace, comme cela a été prescrit en 4.7.5.6.1. Déterminer la coordonnée z_1 , relative à la distance, par l'intermédiaire de l'afficheur alpha-numérique.

4.7.5.9.5 Placer un autre curseur à la fin de la trace, comme cela a été prescrit en 4.7.5.6.2. Déterminer la coordonnée z_2 , relative à la distance.

4.7.5.9.6 Ajuster l'échelle des indices de groupe jusqu'à ce que la différence ($z_2 - z_1$), qui peut être automatiquement calculée par l'instrument, soit égale à la longueur déterminée en 4.7.5.9.1.

NOTE - En raison de la sur-longueur des fibres dans un câble, l'indice de groupe d'un câble est supérieur à l'indice de groupe de la fibre pour le même type de fibre.

4.7.6 Procédure d'essai – Mesure des défauts ponctuels d'une fibre à l'aide d'un RODT

Cette procédure décrit la méthode permettant d'utiliser un RODT pour mesurer les positions, les pertes et la nature des défauts ponctuels sur toute la longueur d'une fibre optique ou d'un câble à fibres optiques.

Un «défaut ponctuel» est une déviation locale temporaire ou permanente du signal continu d'un RODT dans les sens aller ou retour. La nature de la déviation peut varier en fonction des conditions d'essai (ex.: durée d'impulsion, longueur d'onde et sens du signal du RODT). Bien que la longueur d'un défaut ponctuel puisse être supérieure à la largeur d'impulsion affichée correspondante (y compris les effets de l'émetteur et du récepteur), habituellement la longueur est sensiblement égale à la largeur d'impulsion. Pour une interprétation correcte, il est nécessaire de suivre les étapes de l'essai prescrit en 4.7.5.

Les figures illustrent des exemples de trace de RODT relatives à plusieurs défauts ou d'anomalies ponctuel(les): un défaut réfléchissant et un défaut non réfléchissant, faisant tous deux apparaître une perte apparente (figure 28); un défaut faisant apparaître un «gain» apparent, et un défaut ne faisant apparaître aucune perte apparente ni aucun gain apparent (figure 29).

4.7.6.1 Connecter l'échantillon en essai à l'instrument ou à une extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée). Connecter l'autre extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée) à l'instrument.

4.7.6.2 Etant donné que des distances précises doivent être enregistrées, il est nécessaire de déterminer l'indice effectif de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Si cette valeur n'est pas connue, utiliser la méthode de mesure de la longueur d'une fibre ou d'un câble à l'aide d'un RODT, pour la déterminer (4.7.5).

4.7.6.3 Introduire les paramètres du RODT, tels que la longueur d'onde de la source, la durée d'impulsion, la plage de longueurs, ainsi que le moyennage du signal dans l'instrument et l'indice de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Les valeurs de certains de ces paramètres peuvent être présélectionnées dans l'instrument.

4.7.6.4 Ajuster l'instrument de manière à faire apparaître un signal de rétrodiffusion en provenance de l'échantillon en essai. Il peut être avantageux de commencer par un réglage grossier de l'échelle verticale et de l'échelle horizontale pour maximaliser la longueur affichée. Un exemple est illustré à la figure 28.

4.7.5.9.4 Place one cursor at the beginning of the trace as per 4.7.5.6.1. Obtain the distance coordinate z_1 via the alphanumeric display.

4.7.5.9.5 Place another cursor at the end of the trace as per 4.7.5.6.2. Obtain the distance coordinate z_2 .

4.7.5.9.6 Adjust the group index scale until the difference ($z_2 - z_1$), which may be automatically calculated by the instrument, equals the length determined in 4.7.5.9.1.

NOTE - Because of excess fibre length within a cable, the cable group index exceeds the fibre group index for the same fibre type.

4.7.6 Test Procedure - Measurement of fibre point defects using an OTDR

This procedure describes the procedure to use an OTDR to measure the positions, losses, and character of point defects along an optical fibre or fibre cable.

A "point defect" is a temporary or permanent local deviation of the continuous OTDR signal in the upward or downward direction. The nature of the deviation can vary with test conditions (e.g., pulse duration, wavelength, and direction of the OTDR signal). Although a point defect can have a length greater than the corresponding displayed pulse duration (including transmitter and receiver effects), the length is usually about equal to the pulse duration. For a correct interpretation, the test of 4.7.5 shall be followed.

The figures show examples of OTDR traces for several types of point defects or faults: a reflective fault and non-reflective fault, both exhibiting apparent loss (figure 28); a fault exhibiting an apparent "gain", and a fault with no apparent loss or gain (figure 29).

4.7.6.1 Connect the test sample either to the instrument or to one end of the dead-zone fibre (if used). Connect the other end of the dead-zone fibre (if used) to the instrument.

4.7.6.2 Since accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the test sample is required. If this value is not known, use the procedure for measurement of fibre or cable length using an OTDR (4.7.5) to determine it.

4.7.6.3 Enter OTDR parameters such as source wavelength, pulse duration, length range, and signal averaging into the instrument, along with the test sample effective group index. The values of some of these parameters may be preset in the instrument.

4.7.6.4 Adjust the instrument to display a backscatter signal from the test sample. It may be advantageous to begin with coarse vertical and horizontal scaling to maximize the length displayed. An example is given in figure 28.

4.7.6.5 Examiner le signal du RODT sur toute la longueur de l'échantillon en essai pour tous les défauts ponctuels tels que définis en 4.7.6. Si une résolution accrue est nécessaire, régler, si possible, l'afficheur graphique pour dilater la section intéressante sur une échelle plus grande (en prenant des précautions pour s'assurer que la lecture du signal vrai soit bien distincte du bruit). Un exemple est illustré à la figure 29.

4.7.6.6 Pour déterminer l'existence d'un défaut ponctuel (plutôt qu'une situation de non-homogénéité de l'affaiblissement), observer la zone en question en utilisant deux durées d'impulsion différentes. Si la forme de la perte ou du gain varie en fonction de la durée d'impulsion, l'anomalie est un défaut ponctuel. Si la forme ne varie pas, l'anomalie doit être considérée comme une non-homogénéité de l'affaiblissement qui doit être mesurée conformément à la procédure d'essai relative à la mesure de l'affaiblissement d'une fibre ou d'un câble.

4.7.6.7 Relever toute déviation de défaut ponctuel qui dépasse les valeurs indiquées dans la spécification particulière. Décrire la nature de ces défauts (ex.: perte ou gain apparent, réflexion, durée, etc.), conformément aux prescriptions de la spécification particulière.

4.7.6.7.1 Déterminer l'emplacement du défaut, si cela est prescrit, en plaçant un curseur au début d'une augmentation ou d'une chute de puissance (ou en un autre point spécifié par le fabricant du RODT). Cette opération peut être difficile à réaliser au niveau d'une chute de puissance. Déterminer la coordonnée par l'intermédiaire de l'afficheur alphanumérique.

4.7.6.7.2 S'il y a lieu, déterminer la perte apparente ou le gain apparent du défaut par la méthode spécifiée par le fabricant du RODT. Certains instruments nécessitent le positionnement d'une paire de curseurs de part et d'autre du défaut. Les deux droites les mieux ajustées (obtenues par une méthode à deux points ou par une méthode de moindres carrés) sont extrapolées à l'emplacement du défaut. Si la méthode d'ajustement linéaire est disponible, il convient de la choisir.

La séparation verticale des lignes donne la perte apparente ou le gain apparent. Noter tout pic de réflexion.

4.7.6.7.3 Répéter l'essai pour un signal injecté dans l'échantillon en essai dans le sens opposé. Un calcul de la perte (et la suppression du gain apparent) est effectué en établissant la moyenne des lectures dans les deux sens, effectuées à la même longueur d'onde. Ceci élimine les effets d'une éventuelle différence de rétrodiffusion des sections de fibres de part et d'autre du défaut. Il est possible que les mesures dans les deux sens ne soient pas réalisables dans tous les cas; il convient alors d'effectuer une mesure unidirectionnelle.

4.7.6.7.4 Si cela est prescrit par la spécification particulière, répéter l'essai à une autre longueur d'onde.

4.7.7 Résultats

4.7.7.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- La date de l'essai.
- Le numéro d'identification de l'échantillon.
- La désignation de la procédure d'essai.
- Humidité relative et température ambiante.

4.7.6.5 Examine the OTDR signal along the test sample for point defects as defined in 4.7.6. If increased resolution is needed, adjust the graphical display, if possible, to expand the section of interest to larger scale (exercising care to assure that proper readings of the true signal can still be distinguished from the noise points). An example is given in Figure 29.

4.7.6.6 To determine that a point defect (rather than an attenuation non-uniformity situation) exists, observe the area in question using two different pulse durations. If the shape of the loss or gain changes with the pulse duration, the anomaly is a point defect. If the shape does not change, the anomaly shall be considered to be an attenuation non-uniformity to be measured according to the test procedure for measurement of fibre or cable attenuation.

4.7.6.7 Report any point defect deviations which exceed the values specified in the Detail Specification. Describe the nature of these faults (e.g., apparent loss or gain, reflection, duration, etc.) as required by the detail specification.

4.7.6.7.1 Determine the defect location, if required, by placing a cursor at the beginning (or at another point specified by the OTDR manufacturer) of a power rise or drop. This may be difficult to do at a drop. Obtain the coordinate via the alphanumeric display.

4.7.6.7.2 Obtain the apparent loss or gain of the defect, if required, by the method described by the OTDR manufacturer. Some instruments require placement of a pair of cursors on each side of the defect. The two best-fit straight lines (from a two-point or least-squares fit for each) are extrapolated to the defect location. If available, the linear fit method should be chosen.

The vertical separation of the lines gives the apparent loss or gain. Note any reflection peak.

4.7.6.7.3 Repeat the test for a signal launched into the test sample in the opposite direction. A loss calculation (and the elimination of apparent gain) is made by averaging readings taken bi-directional at the same wavelength. This eliminates the effects of any backscatter differences for the fibre sections on both sides of the defect. Bi-directional measurements may not be possible in all cases thus necessitating unidirectional measurement.

4.7.6.7.4 If required by the Detail Specification, repeat the test at another wavelength.

4.7.7 Results

4.7.7.1 The following information shall be reported with each test:

- Date of test.
- Sample identification number.
- Name of test procedure.
- Relative humidity and ambient temperature.

4.7.7.1.1 Les informations suivantes doivent être fournies lors de chaque mesure de l'affaiblissement d'une fibre ou d'un câble:

- Conformément aux prescriptions de la spécification particulière, les affaiblissements ou affaiblissements linéiques de la section totale ou partielle d'une fibre ou d'un câble, aux longueurs d'onde spécifiées.
- Si la tolérance applicable à la longueur d'onde centrale nominale (XX) est supérieure à 10 nm, ceci doit être également indiqué.

4.7.7.1.2 Les informations suivantes doivent être fournies lors de chaque mesure de la longueur d'une fibre ou d'un câble:

- La désignation de la procédure d'essai: méthode A, B, ou C.
- La longueur de la fibre ou du câble.

4.7.7.1.3 Les informations suivantes doivent être fournies lors de chaque mesure des défauts ponctuels d'une fibre ou d'un câble:

- L'identification de l'extrémité de l'échantillon où le RODT est localisé.
- Les caractéristiques des défauts ponctuels tels que prescrit par la spécification particulière.

4.7.7.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

- L'échantillon en essai de la fibre ou du câble, y compris son type, son indice effectif de groupe, sa longueur, et les conditions de déploiement.
- L'instrument RODT (y compris la marque, le modèle et les manuels).
- La (les) largeur(s) d'impulsion, la (les) plage(s) d'échelle et les détails de moyennage du signal.
- La (les) longueur(s) d'onde centrale(s) et la (les) largeur(s) spectrale(s), vérifiées périodiquement conformément aux prescriptions du 4.7.2.1.
- Les conditions d'injection.
- L'indication concernant l'utilisation de la fibre amorce.
- Les renseignements relatifs à l'étalonnage.

4.7.7.2.1 L'information suivante doit être disponible sur demande, lors de chaque mesure de l'affaiblissement d'une fibre ou d'un câble:

- La méthode de calcul relative à l'affaiblissement ou à l'affaiblissement linéique.

4.7.7.2.2 L'information suivante doit être disponible sur demande, lors de chaque mesure de la longueur d'une fibre ou d'un câble:

- La fibre ou le câble d'étalonnage (si utilisé), conformément aux prescriptions du 4.7.3.3.

4.7.7.2.3 L'information suivante doit être disponible sur demande, lors de chaque mesure des défauts ponctuels d'une fibre ou d'un câble:

- La méthode de calcul, si elle est utilisée, de la perte apparente ou du gain apparent des défauts.

4.7.7.1.1 The following information shall be reported with each measurement of fibre or cable attenuation:

- As required by the detail specification, the attenuations or attenuation coefficients of the total or partial fibre or cable section at the specified wavelengths.
- If the tolerance on the nominal central wavelength (XX) is greater than 10 nm, then it shall also be reported.

4.7.7.1.2 The following information shall be reported with each measurement of fibre or cable length:

- Name of test procedure Method A, B, or C.
- The fibre or cable length.

4.7.7.1.3 The following information shall be reported with each measurement of fibre or cable point defects:

- Identification of sample end where OTDR is located.
- Features of the point defects as required by detail specification.

4.7.7.2 The following data shall be available upon request:

- Fibre or cable test sample, including its type, effective group index, length, and deployment conditions.
- OTDR instrument (including make, model and manuals).
- Pulse duration(s), scale range(s), and signal averaging details.
- Central wavelength(s) and spectral width(s) as periodically verified in 4.7.2.1.
- Launch conditions.
- Indicate if dead-zone fibre is used.
- Calibration data.

4.7.7.2.1 The following data shall be available upon request with each measurement of fibre or cable attenuation:

- Method of calculation for the attenuation or attenuation coefficient.

4.7.7.2.2 The following data shall be available upon request with each measurement of fibre or cable length:

- Calibration fibre or cable (if used) as per 4.7.3.3.

4.7.7.2.3 The following data shall be available upon request with each measurement of fibre or cable point defects:

- Method of calculation, if used, for defect apparent loss or gain.

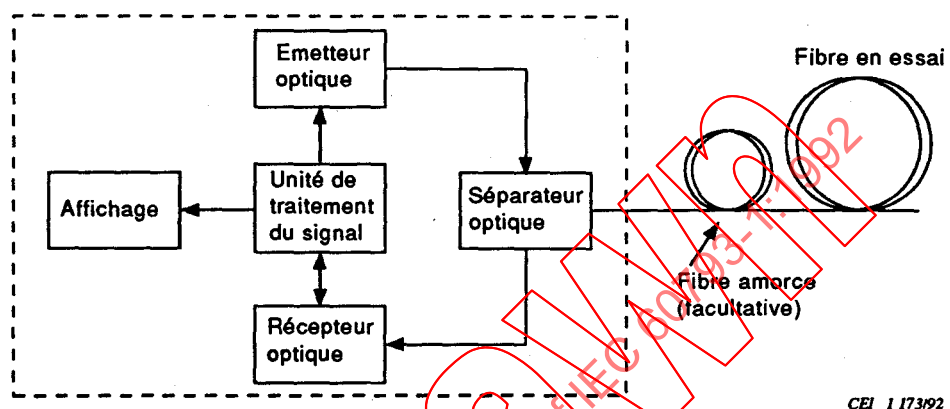


Figure 21 – Schéma fonctionnel d'un RODT

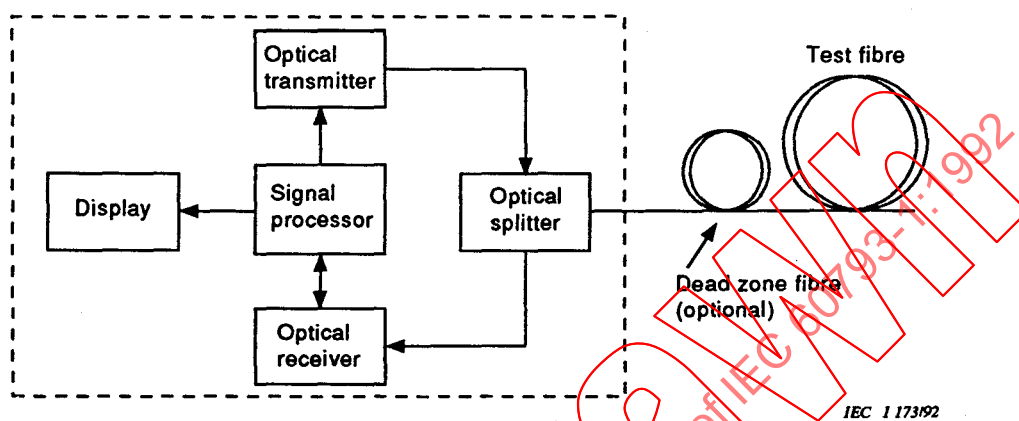
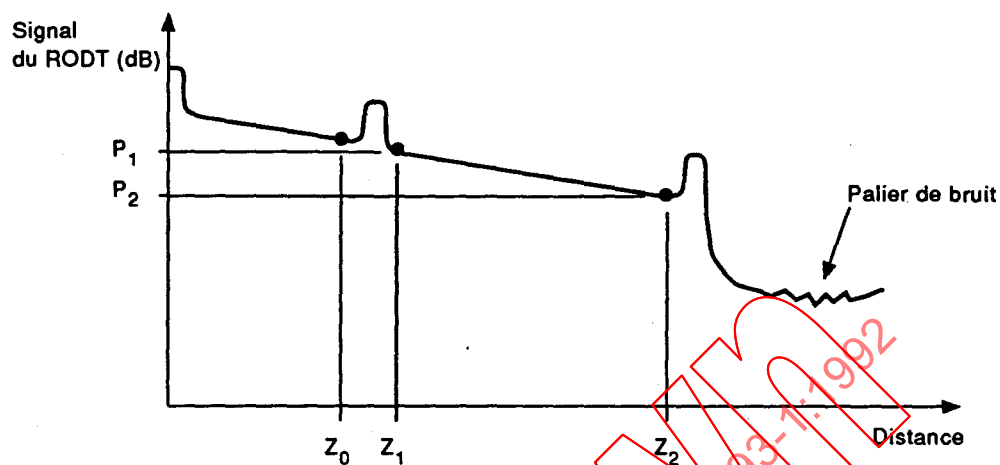
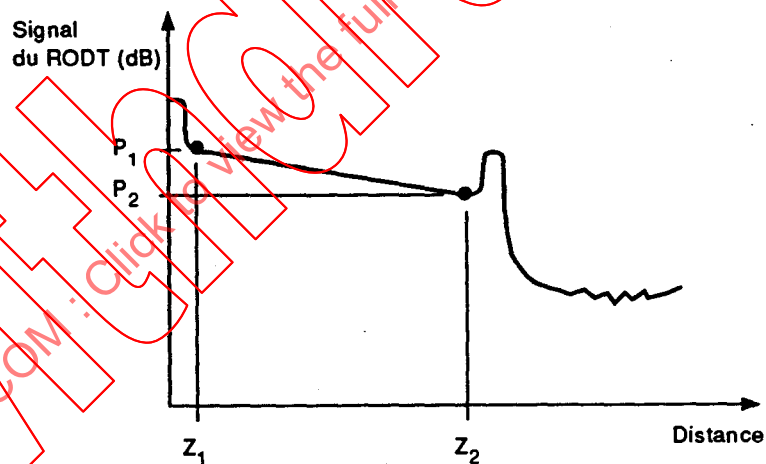


Figure 21 – Block diagram of an OTDR



CEI 117492

Figure 22 – Représentation schématique de la trace, sur un RODT, relative à un échantillon en essai «homogène» précédé d'une fibre amorce



CEI 117592

Figure 23 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai «homogène» non précédé d'une fibre amorce

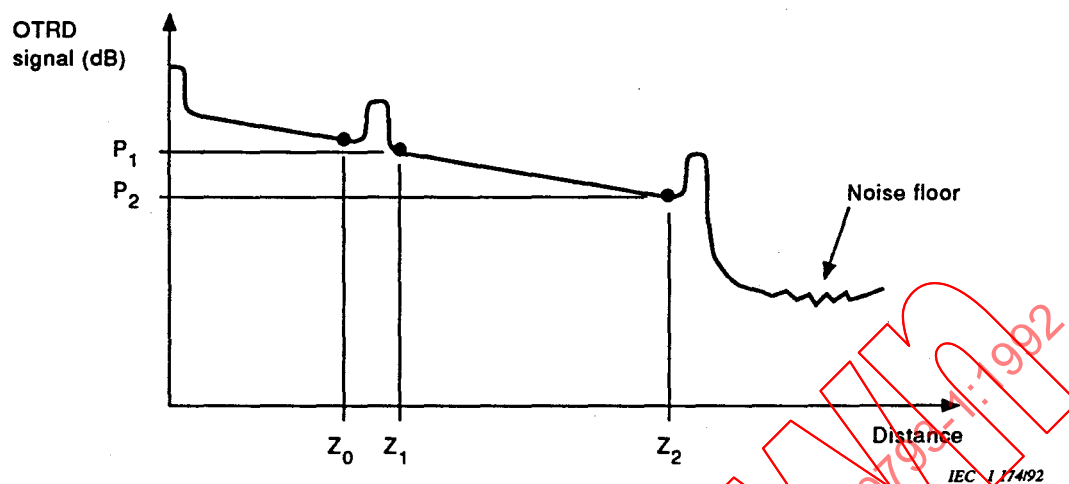


Figure 22 – Schematic OTDR trace for a "uniform" test sample preceded by a dead-zone fibre

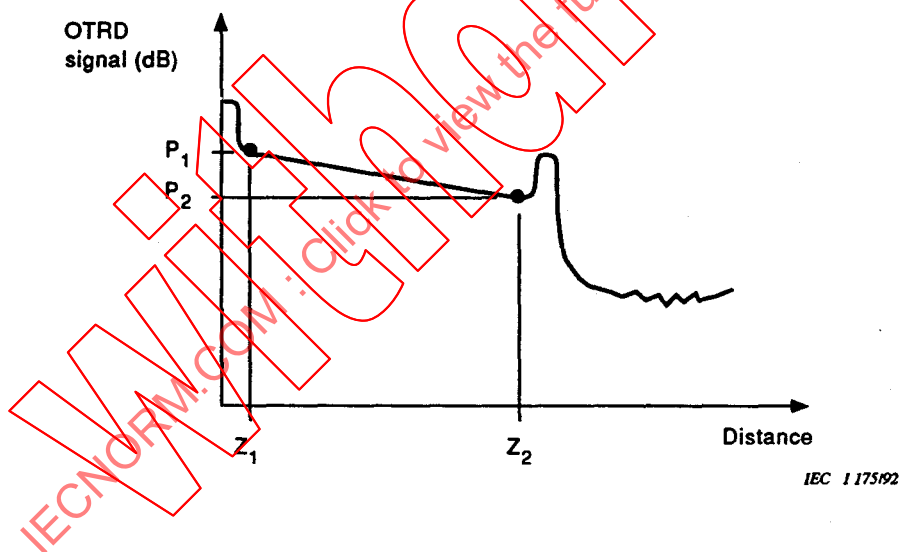


Figure 23 – Schematic OTDR trace for a "uniform" test sample not preceded by a dead-zone fibre

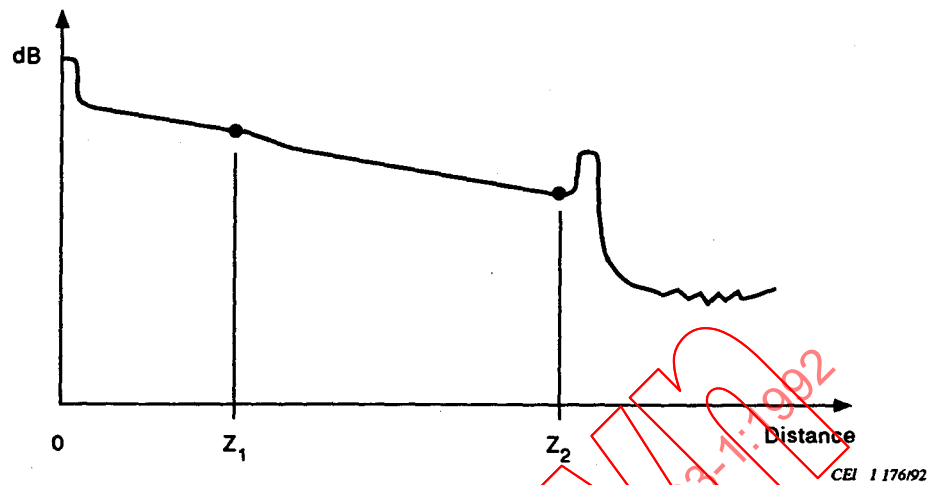


Figure 24 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_1 à z_0) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur inconnue z_1 , et sans impulsion de réflexion provenant du point de jonction de la fibre (méthode à deux points: méthode A)

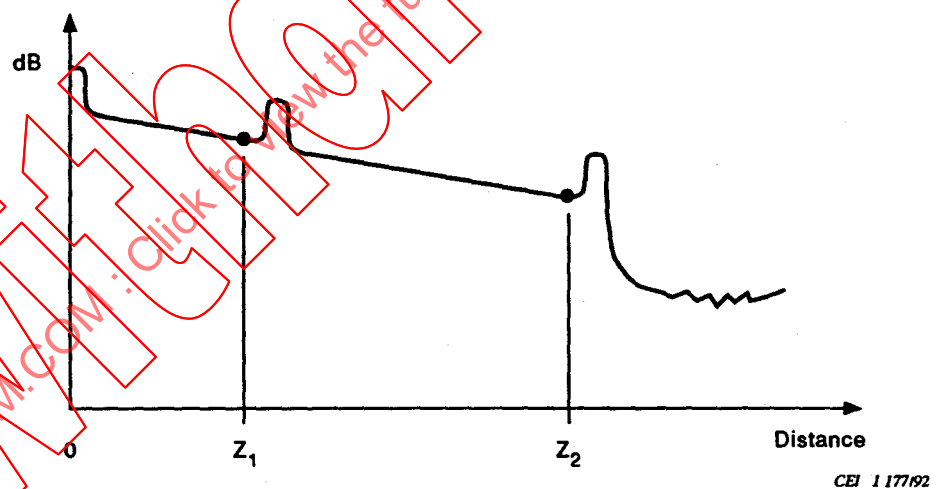


Figure 25 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_1 à z_2) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur inconnue z_1 , et avec une impulsion de réflexion provenant du point de jonction de la fibre (méthode à deux points: méthode A)

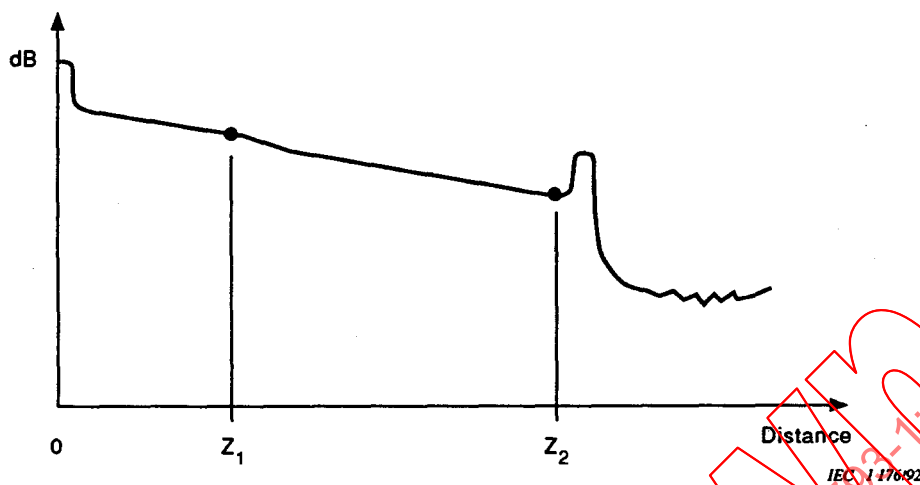


Figure 24 - Schematic OTDR trace of a test sample (z_1 to z_2) with a section (e.g., dead-zone fibre) of unknown length z_1 , preceding it and without a reflection pulse from the fibre joint point (two-point method A)

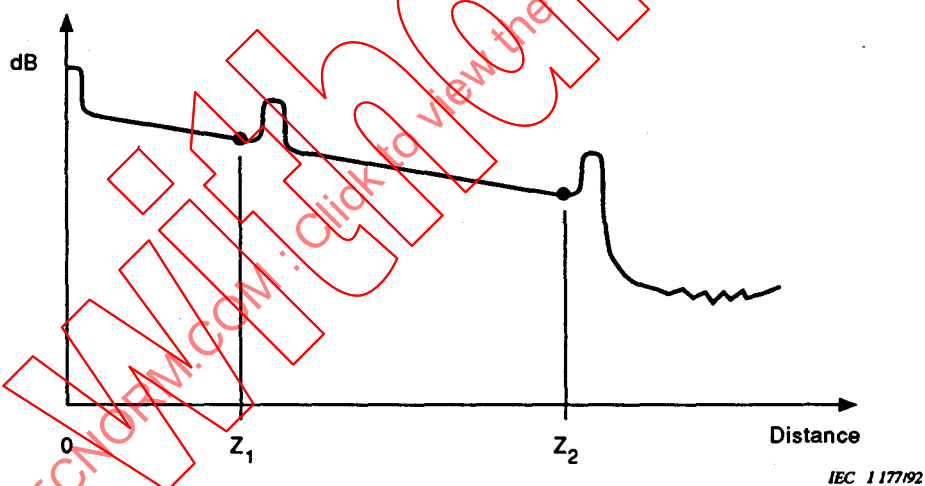


Figure 25 - Schematic OTDR trace of a test sample (z_1 to z_2) with a section (e.g., dead-zone fibre) of unknown length z_1 , preceding it and without a reflection pulse from the fibre joint point (two-point method A)

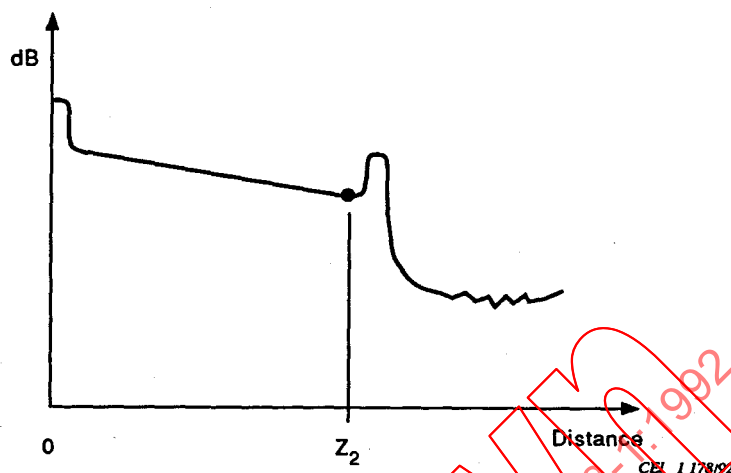


Figure 26 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (0 à z_2) non précédé d'une section (méthode à un seul point: méthode B)

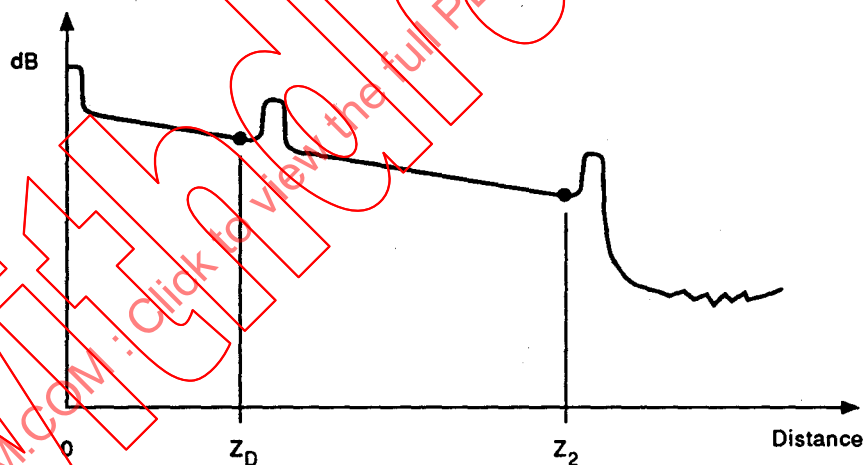


Figure 27 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_0 à z_2) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur connue z_0 (méthode à un seul point: méthode C)

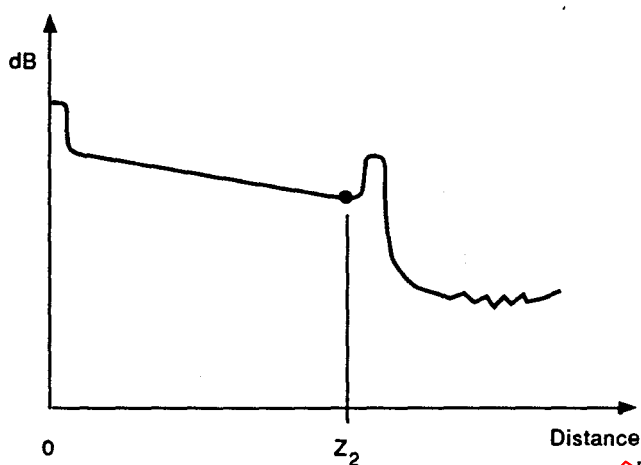


Figure 26 – Schematic OTDR trace of a test sample (0 to z_2) with no section preceding it (single-point method B)

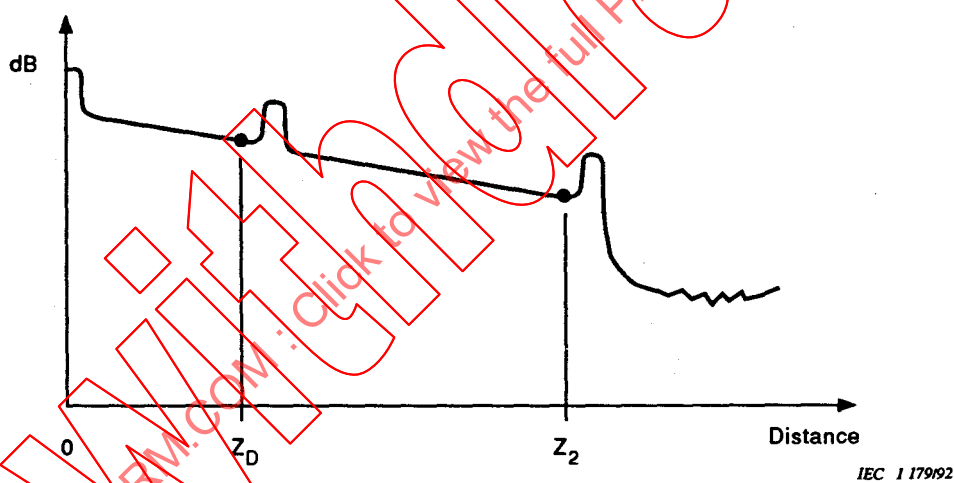
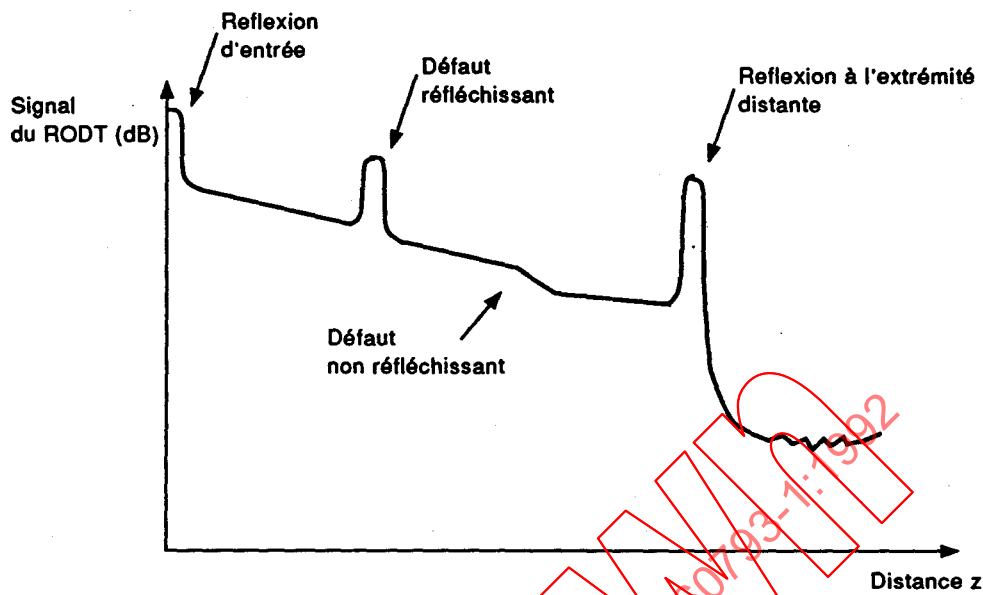
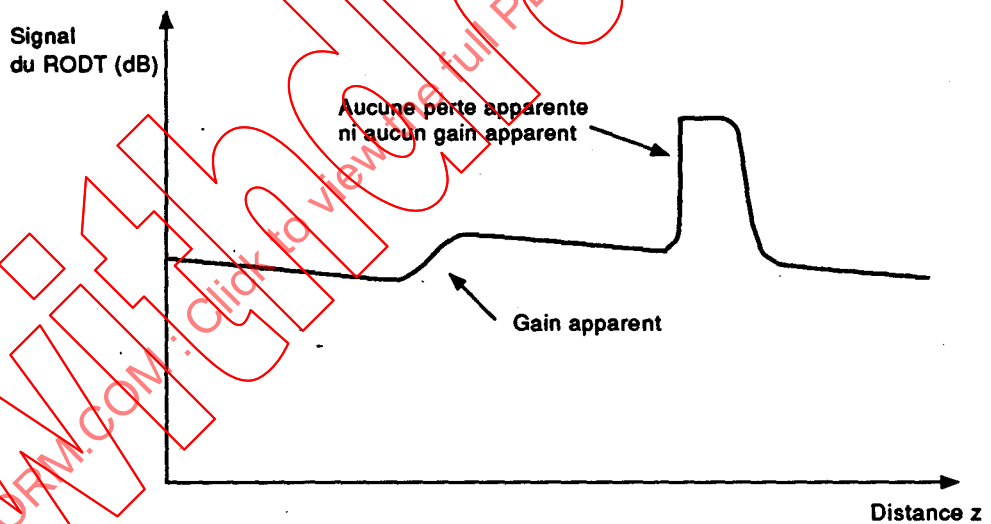


Figure 27 – Schematic OTDR trace of a test sample (z_D to z_2) with a section (e.g. dead-zone fibre) of known length z_D preceding it (single-point method C)



CEI 118092

Figure 28 – Représentation schématique d'un RODT. Deux défauts ponctuels sont illustrés avec la perte apparente: l'un est réfléchissant et l'autre est non réfléchissant



CEI 118192

Figure 29 – Représentation schématique de la trace agrandie d'un RODT. Deux défauts ponctuels sont illustrés: l'un présente un gain apparent et l'autre ne présente ni perte apparente ni gain apparent

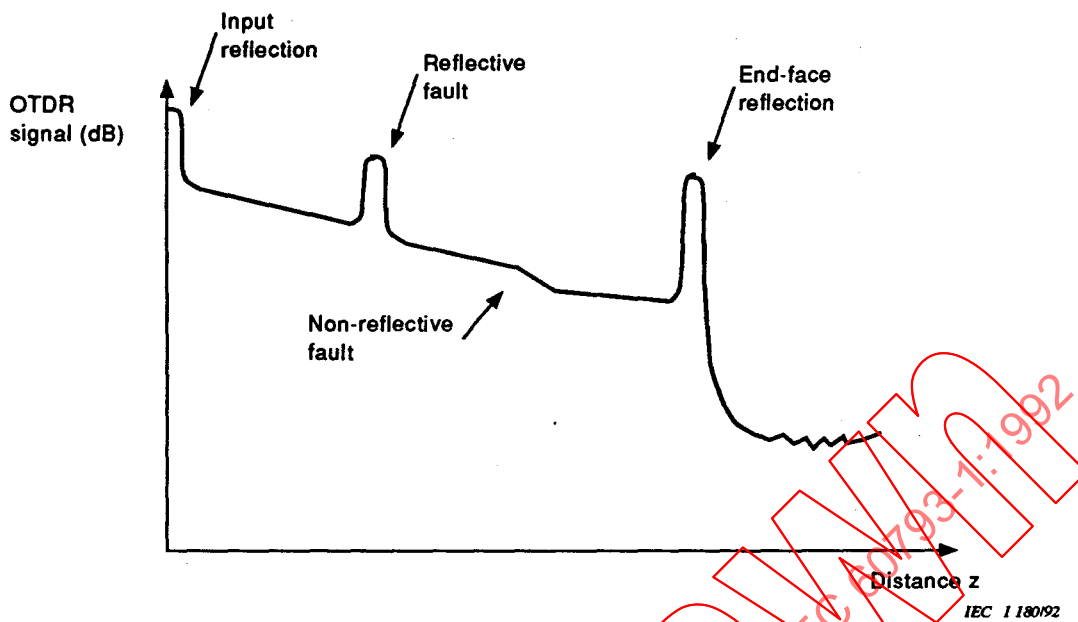


Figure 28 – Schematic of an OTDR trace. Point defects apparent loss are shown, one reflective and one non-reflective

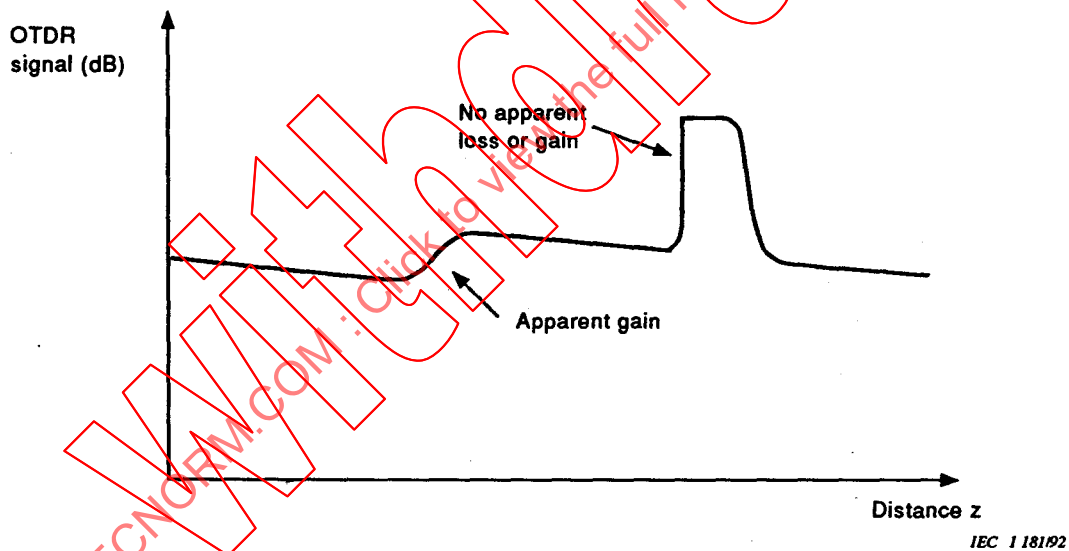


Figure 29 – Schematic of an expanded OTDR trace. Two point defects are shown, one with apparent gain, and another with no apparent loss or gain

4.8 Réponse modale en bande de base

La réponse modale en bande de base est une contribution à la bande de base totale qui peut être représentée par l'expression

$$B_T = (B_m^{-2} + B_{ch}^{-2})^{-1/2}$$

où

B_T est la largeur de bande complète (incluant la distorsion modale et la dispersion chromatique)

B_m est la largeur de bande de distorsion modale

B_{ch} est la largeur de bande de dispersion chromatique (voir note 2)

NOTES

1 On suppose à la fois que la réponse en bande de base de distorsion modale et le spectre de source sont gaussiens.

2 B_{ch} , la largeur de bande chromatique est inversement proportionnelle à la longueur de l'échantillon et, dans l'hypothèse d'une source gaussienne, peut être exprimée par

$$B_{ch} \text{ (MHz)} = \frac{0,44 \cdot 10^6}{\Delta\lambda \cdot D(\lambda) \cdot L}$$

avec

$\Delta\lambda$ est la LTMH largeur spectrale de la source (nm)

$D(\lambda)$ est le coefficient de dispersion chromatique (ps/(nm·km))

L est la longueur de l'échantillon (km)

Le but de cette technique est de mesurer la réponse en bande de base modale et ceci est obtenu en minimisant le terme $\Delta\lambda$, de façon que la différence entre B_T et B_m soit inférieure à 10 %.

Les articles 4.9 à 4.12 décrivent les méthodes de mesure de réponse en bande de base modale. La réponse en bande de base modale peut être exprimée dans le domaine temporel ou fréquentiel.

4.9 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.

4.8 Modal baseband response

The modal baseband response is a component of the total baseband response which can be represented by the expression:

$$B_T = (B_m^{-2} + B_{ch}^{-2})^{-1/2}$$

where:

B_T is the overall bandwidth (including modal distortion and chromatic dispersion)

B_m is the modal distortion bandwidth

B_{ch} is the chromatic dispersion bandwidth (see note 2)

NOTES

1 Both the fibre modal distortion baseband response and the source spectrum are assumed to be Gaussian.

2 B_{ch} , the chromatic bandwidth, is inversely proportional to the section length and, if the source spectrum is assumed to be Gaussian, can be expressed as:

$$B_{ch} \text{ (MHz)} = \frac{0,44 \cdot 10^6}{\Delta \lambda \cdot D(\lambda) \cdot L}$$

where:

$\Delta \lambda$ is the FWHM source line width (nm)

$D(\lambda)$ is the chromatic dispersion coefficient (ps/(nm·km))

L is the section length (km).

The intent of this technique is to measure the modal baseband response and this is performed by minimizing the term, $\Delta \lambda$, such that the difference between B_T and B_m is less than 10 %.

Clauses 4.9 to 4.12 describe methods of measuring modal baseband response. The modal baseband response can be expressed in the time domain or the frequency domain.

4.9 Operational definitions

a) Time domain (impulse response)

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

b) Frequency domain (frequency response)

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

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

where:

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

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

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

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

4.10 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 une onde sinusoïdale discrète.

4.11 Méthode CEI 793-1-C2A – Réponse Impulsionnelle

4.11.1 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 embrouilleur 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.

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:

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

4.10 Description of baseband response measuring methods

Two measuring methods are indicated for baseband response measurements:

a) Impulse response method

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

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

b) Frequency response method

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

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

4.11 Method IEC 793-1-C2A - Impulse response

4.11.1 Launching conditions

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

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

The following apparatus could each provide full launch conditions:

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

For A1 fibres full launch conditions are more easy to control and therefore give better reproducibility.

b) L'«injection réduite», dans laquelle la dimension de la tache et l'angle du cône sont choisis de manière à simuler les comportements de fibres de grandes liaisons. Un exemple de ces conditions d'injection est l'ensemble des conditions d'injection à l'état stable décrit en 4.5.2. 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.

4.11.2 Appareillage

a) Exemple

Un schéma d'un dispositif d'essai convenable est représenté dans la figure 30.

b) Source optique

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

c) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) de 4.5.3.

d) Détecteur optique

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

e) Equipement auxiliaire

Il convient d'utiliser un équipement adapté, par exemple

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

NOTE - Les mesures prises devront assurer un étalonnage, une linéarité et une stabilité du système corrects.

4.11.3 Procédure

a) Alignement de l'injection

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

b) Alignement du détecteur

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

c) Acquisition et exploitation des données

Les impulsions d'entrée et de sortie de la fibre sont enregistrées et la réponse en bande de base modale est calculée conformément au point a) du 4.9.

- b) "Restricted launch" in which the spot size and cone angle are chosen to simulate the behaviour of fibres in long links. An example of these launching conditions is the set of steady state launching conditions described in 4.5.2. The launching system shall be prepared such that the mode distribution variation in the fibre due to the axis alignment procedures are kept to a minimum.

4.11.2 Apparatus

a) Example

A diagram of suitable test apparatus is given in figure 30.

b) Optical source

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

c) Cladding mode stripper

See item e) of 4.5.3.

d) Optical detector

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

e) Auxiliary equipment

Suitable equipment should be used for example:

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

NOTE - Measures taken should assure proper calibration, system linearity and system stability.

4.11.3 Procedure

a) Launch alignment

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

b) Detector alignment

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

c) Data acquisition and processing

At the fibre input and output pulses are recorded and the modal baseband response is calculated in accordance with item a) of 4.9.

4.11.4 Résultats

4.11.4.1 Information nécessaire

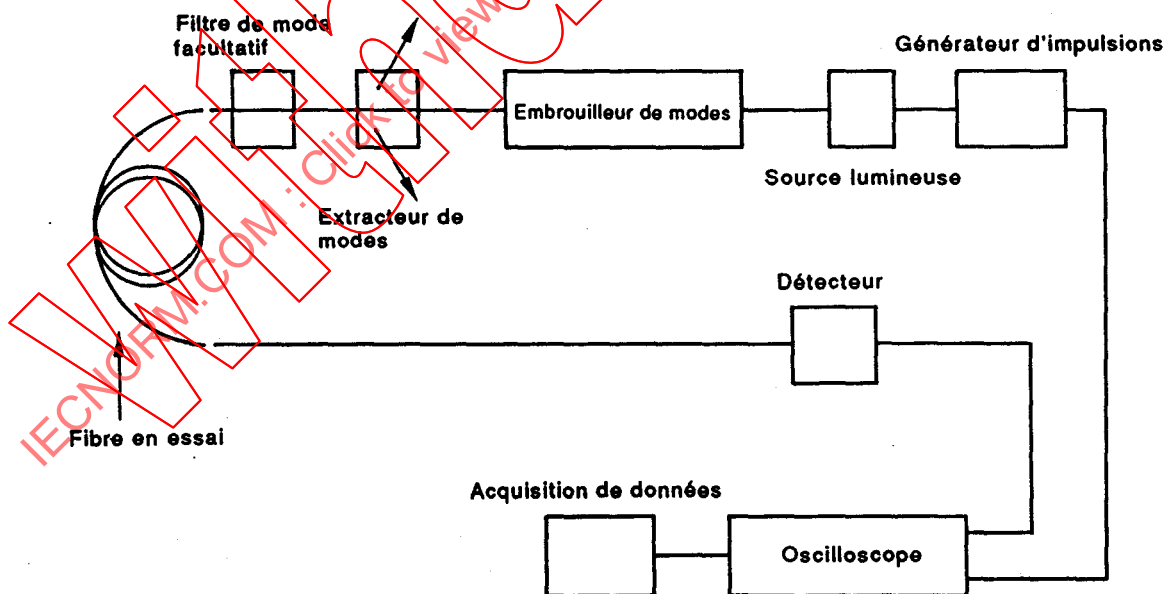
Les renseignements suivants doivent être fournis:

- date de l'essai,
- titre de l'essai,
- identification de la fibre,
- longueur de l'échantillon de fibre,
- longueur d'onde nominale de mesure,
- largeur de bande définie par le point à -3 dB (optique) de la courbe amplitude-fréquence,
- humidité relative et température ambiante.

4.11.4.2 Information disponible

Les données suivantes seront disponibles sur demande

- longueur d'onde et largeur de spectre de la source,
- type d'injection,
- disposition du montage d'essai,
- les courbes complètes des impulsions d'entrée et de sortie,



CEI 1182/92

Figure 30 – Mesure de la réponse en bande de base modale.
Exemple de mesure de la réponse impulsionnelle

4.11.4 Results

4.11.4.1 Required information

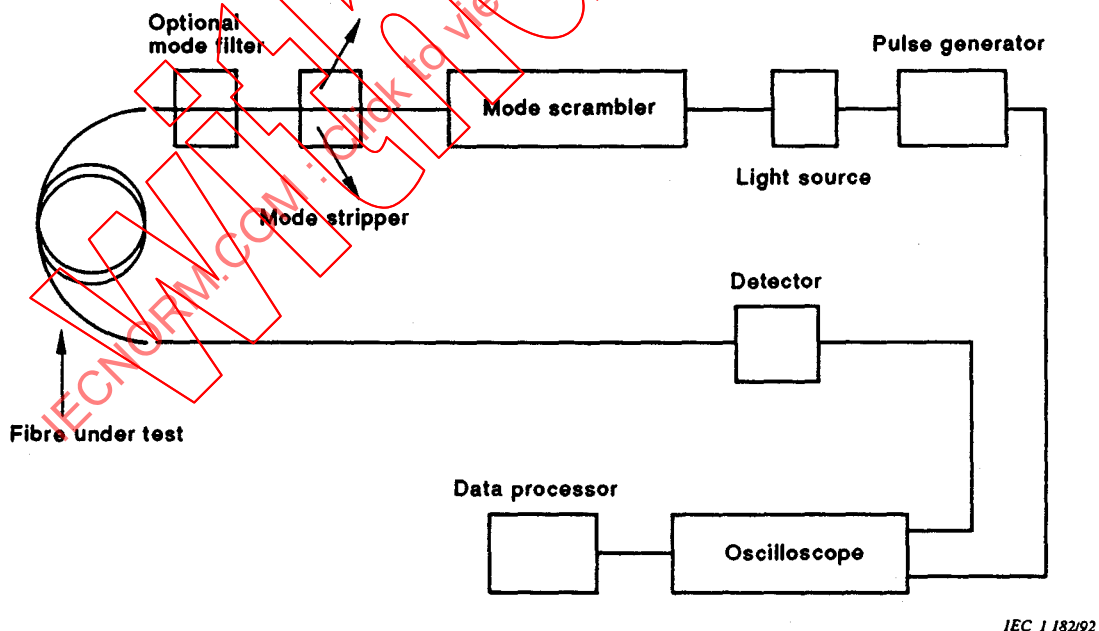
The following data shall be presented:

- date of test,
- title of test,
- fibre identification,
- length of fibre sample,
- nominal wavelength at which measurement is made,
- bandwidth defined by the -3 dB (optical) point of the amplitude-frequency curve,
- relative humidity and ambient temperature.

4.11.4.2 Available information

The following data shall be available on request:

- source wavelength and spectral width,
- launch type,
- test arrangement,
- full input and output pulse curves,



IEC 1182/92

Figure 30 – Modal baseband response measurement.
Example of impulse response measurement

4.12 Méthode CEI 793-1-C2B – Réponse fréquentielle

4.12.1 Conditions d'injection

Voir 4.11.1.

4.12.2 Appareillage

a) Exemple

Un schéma d'un dispositif d'essai convenable est représenté dans la figure 31.

b) Source optique

Voir le point b) de 4.11.2.

c) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) de 4.5.3.

d) Détecteur optique

Voir le point d) de 4.11.2.

e) Equipement auxiliaire:

- Analyseur de spectre ou de réseau.
- Source optique sinusoïdale.

NOTE - Il convient que les mesures prises assurent un étalonnage, une linéarité et une stabilité du système corrects.

4.12.3 Procédure

a) Alignement de l'injection

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

b) Alignement du détecteur

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

c) Acquisition et exploitation des données

Les signaux d'entrée et de sortie de la fibre sont enregistrés et la réponse en bande de base modale est calculée conformément au point b) de l'article 4.9.

4.12.4 Résultats

4.12.4.1 Information nécessaire

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- date de l'essai;
- titre de l'essai;
- identification de la fibre;
- longueur de l'échantillon de fibre;
- longueur d'onde nominale de mesure;
- largeur de bande définie par le point à –3 dB (optique) de la courbe amplitude-fréquence;
- humidité relative et température ambiante.

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

4.12.1 *Launching conditions*

See 4.11.1.

4.12.2 *Apparatus*

a) Example

A diagram of suitable apparatus is given in figure 31.

b) Optical source

See item b) of 4.11.2.

c) Cladding mode stripper

See item e) of 4.5.3.

d) Optical detector

See item d) of 4.11.2.

e) Auxiliary equipment:

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

NOTE - Measures taken should assure proper calibration, system linearity and stability.

4.12.3 *Procedure*

a) Launch alignment

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

b) Detector alignment

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

c) Data acquisition and processing

At the fibre input and output signals are recorded and the modal baseband response is calculated in accordance with item b) of clause 4.9.

4.12.4 *Results*

4.12.4.1 *Required information*

The following data shall be presented:

- date of test,
- title of test,
- fibre identification,
- length of fibre sample,
- nominal wavelength of measurement,
- bandwidth defined by the –3 dB (optical) point of the amplitude-frequency curve,
- relative humidity and ambient temperature.

4.12.4.2 Information disponible

Les données suivantes seront disponibles sur demande:

- longueur d'onde et largeur de spectre de la source
- type d'injection
- disposition du montage d'essai
- les courbes complètes de réponse en fréquence d'entrée et de sortie
- la résolution spectrale de l'équipement d'essai.

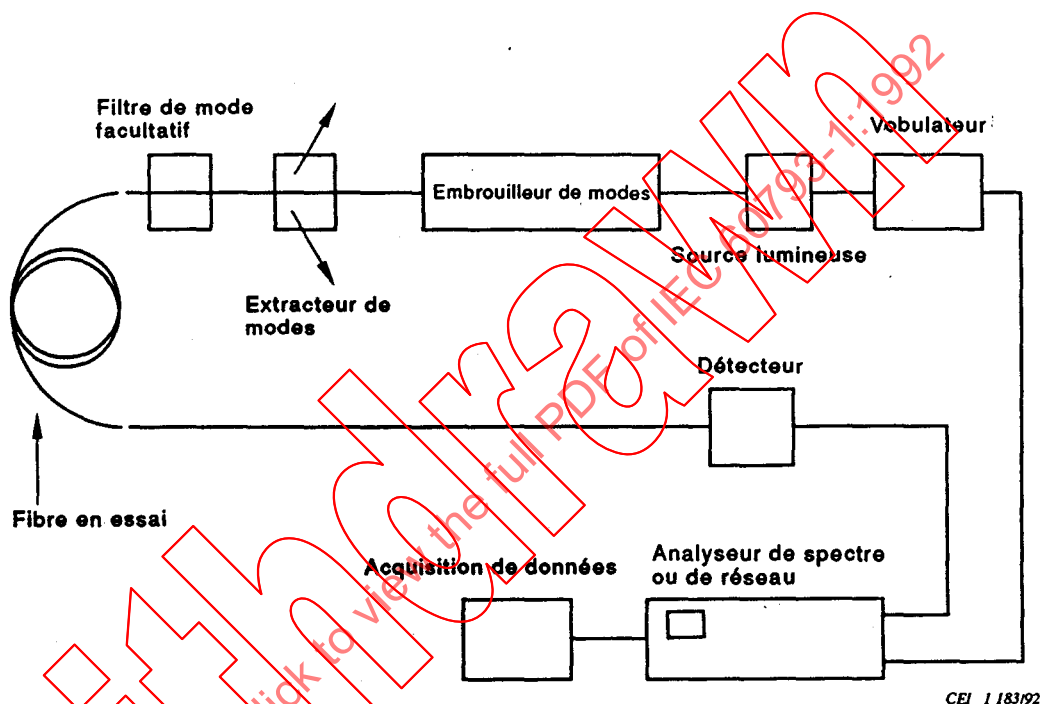


Figure 31 – Mesure de la réponse en bande de base modale.
Exemple de mesure de la réponse fréquentielle

4.13 Méthode CEI 793-1-C3 – Sensibilité aux microcourbures

4.13.1 Description

Deux méthodes sont fournies pour la mesure de la sensibilité aux microcourbures des fibres de catégories A1 et B:

- Méthode CEI 793-1-C3A qui utilise un tambour expansible pour les fibres de catégorie B.
- Méthode CEI 793-1-C3B qui utilise un tambour de diamètre fixe pour les fibres de catégories A1 et B.

4.12.4.2 Available information

The following data shall be available on request:

- source wavelength and spectral width,
- launch type,
- test arrangement,
- full input and output frequency response curves.
- spectral resolution of the test equipment.

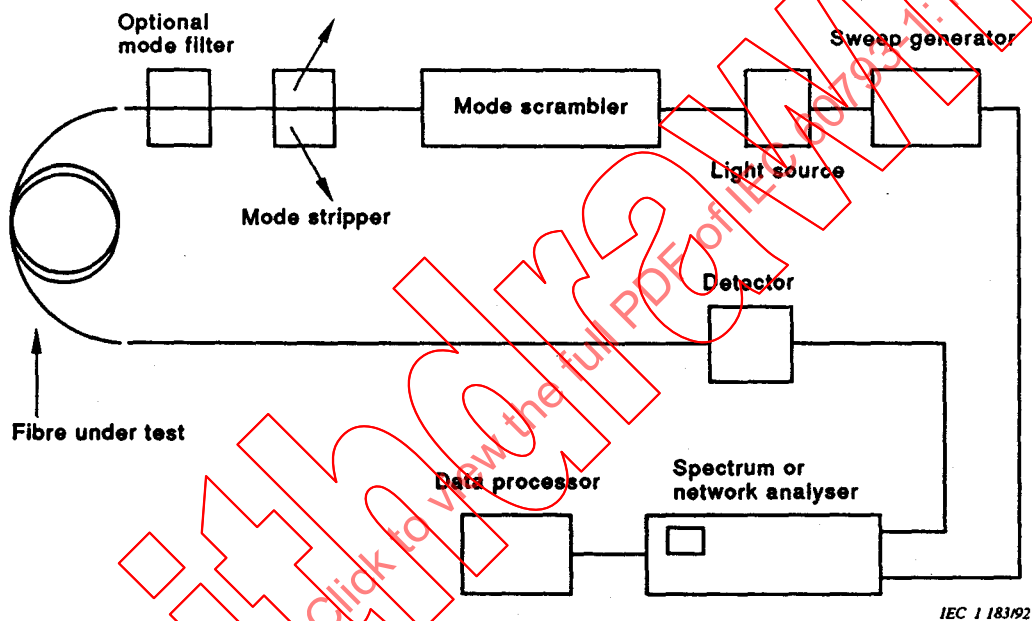


Figure 31 – Modal baseband response measurement.
Example of frequency response measurement

4.13 Method IEC 793-1-C3 – Microbending sensitivity

4.13.1 Description

Two methods are given for the measurement of the microbending sensitivity of category A1 and B fibres:

- Method IEC 793-1-C3A using an expandable drum for category B fibres.
- Method IEC 793-1-C3B using a fixed diameter drum for category A1 and B fibres.

La méthode A fournit à l'utilisateur la sensibilité aux microcourbures d'une fibre unimodale mesurée sur une large gamme de pressions linéiques appliquées. La méthode B est une méthode plus simple qui donne la sensibilité aux microcourbures d'une fibre de catégorie A1 et B pour une pression linéique fixe.

Les résultats d'essai pour ces deux méthodes ne peuvent être comparés que qualitativement.

L'essai doit être effectué dans des conditions normales de température et d'humidité relative.

Cet essai n'est pas destiné à être utilisé comme essai de routine. Il est normalement utilisé pour l'évaluation générale de la fibre. Dans la pratique, ce paramètre ne doit pas être spécifié dans une spécification particulière.

4.13.2 Méthode CEI 793-1-C3A – Tambour expansible

4.13.2.1 Objet

Ce paragraphe décrit la procédure permettant de vérifier la sensibilité aux microcourbures des fibres unimodales. Cette méthode fournit l'augmentation de l'affaiblissement due aux effets des microcourbures, en fonction de la pression linéique appliquée à la fibre.

4.13.2.2 Appareillage

L'appareillage est constitué d'un tambour expansible dont le diamètre peut être modifié de façon continue. Pour éviter les effets dus aux macrocourbures, un diamètre minimal de 200 mm, incluant la courbure localisée à toute extrémité des segments mobiles, est prescrit. La surface du tambour doit être revêtue d'un matériau spécial, de rugosité fixée (par exemple, film de recouvrement PSA en papier de verre – qualité 40 μm – Al_2O_3 minéral). Il doit être possible d'enrouler au moins 400 m de la fibre en essai sur la surface revêtue du tambour.

Pendant l'expansion du tambour, l'allongement de la fibre doit être mesuré au moyen du montage d'essai décrit dans l'article 4.15 (Méthode CEI 793-1-C5A – Déphasage). L'affaiblissement doit être mesuré par la technique de la fibre coupée (Méthode CEI 793-1-C1A) ou par la technique de rétrodiffusion (Méthode CEI 793-1-C1C). L'appareillage de mesure de l'affaiblissement et de mesure de l'allongement de la fibre doit être relié à la fibre en essai au moyen de deux coupleurs optiques directionnels appropriés. Pour la mesure de l'affaiblissement, il est également admis d'utiliser le contrôle en puissance transmise (Méthode CEI 793-1 – C10A) qui ne nécessite pas de coupleurs directionnels.

4.13.2.3 Procédure

La fibre à essayer doit être enroulée avec soin sur le tambour revêtu, à une tension nulle, en une seule couche, en évitant tout croisement ou chevauchement. La fibre doit être fixée pour éviter un glissement relatif. Pendant l'expansion du tambour, les modifications d'affaiblissement linéique et de phase doivent être enregistrées.

4.13.2.4 Calculs

L'allongement de la fibre découle de la formule suivante:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\theta}{f \cdot L} \quad V$$

Method A offers the user the microbending sensitivity of a single-mode fibre measured over a wide range of the applied linear pressure. Method B is a more simple method, showing the microbending sensitivity of a category A1 and B fibre for a fixed linear pressure.

The test results of these two methods can only be compared qualitatively.

The test shall be carried out at normal conditions of temperature and relative humidity.

This test is not meant to be used in a routine manner. It is normally utilized in general evaluation of fibre. This parameter shall not be generally specified within a detail specification.

4.13.2 Method IEC 793-1-C3A – Expandable drum

4.13.2.1 Object

This subclause describes the procedure to verify the microbending sensitivity of single-mode fibres. This technique gives the loss increase due to microbending effects as a function of the linear pressure applied to the fibre.

4.13.2.2 Apparatus

The apparatus consists of an expandable drum, the diameter of which can be changed continuously. To avoid macrobending effects a minimum diameter of 200 mm including local curvature at any edges of the expanded segments is required. The surface of the drum shall be coated with a special material of fixed roughness (for example sandpaper-lapping film PSA – grade 40 μm – mineral Al_2O_3). It shall be possible to wind at least 400 m of the fibre to be tested on the coated surface of the drum.

While expanding the drum, the fibre elongation shall be measured using the set-up arrangement described in 4.15 (Method IEC 793-1-C5A – Phase shift). The attenuation measurement shall be carried out by the cut-back technique (Method IEC 793-1-C1A) or by the backscatter technique (Method IEC 793-1-C1C). The apparatus for the attenuation measurement and the fibre elongation measurement shall be connected to the fibre under testing using two suitable optical directional couplers. For the attenuation measurement, a direct transmitted power monitoring measurement (Method IEC 793-1-C10A) is also allowed, which does not require directional couplers.

4.13.2.3 Procedure

The fibre to be tested shall be carefully wound on the coated drum with zero tension in one single layer avoiding any crossing or overlapping. The fibre shall be fixed to avoid relative slipping. While expanding the drum the changes in attenuation coefficient and phase shall be recorded.

4.13.2.4 Calculations

The fibre elongation can be found from:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\theta}{f \cdot L} \cdot V$$

où

$\Delta\theta$ est le déphasage (en degrés)

f est la fréquence de modulation (Hz)

L est la longueur de l'échantillon (km)

V est la constante qui dépend du coefficient de photoélasticité (k), de la vitesse de la lumière dans le vide (c) et l'indice de réfraction de groupe effectif (N_{ef}):

$$V = \frac{k \cdot c}{360 N_{ef}}$$

Pour les fibres de catégorie B1, la valeur type de V est de 726 km/s/degré.

A partir de là, on peut calculer la pression linéique:

$$P = \frac{T}{R} = \frac{EA\varepsilon}{R}$$

où

T est la tension appliquée de la fibre (N)

R est le rayon du tambour expansible au repos (mm)

E est le module de Young de la fibre (N/mm^2)

A est la section de la fibre (partie en verre) (mm^2)

Les variations d'affaiblissement linéique (dB/km) sont tracées en fonction de la pression linéique P (N/mm) ou de l'allongement ε (%). Les points obtenus sont reliés par interpolation par une ligne droite passant par l'origine dont la pente donne la sensibilité aux microcourbures (dB/km/N/mm) ou (dB/km/%) de la fibre soumise à l'essai.

4.13.2.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Montage d'essai.
- Diamètre minimal du tambour expansible.
- Rugosité et type de matériau utilisé.
- Identification de la fibre.
- Longueur de la fibre enroulée sur le tambour expansible.
- Longueur d'onde de la source optique.
- Courbe de variation d'affaiblissement linéique mesuré en fonction de la pression linéique calculée ou en fonction de l'allongement.
- Sensibilité aux microcourbures (dB/km/N/mm) ou (dB/km/%).
- Humidité relative et température ambiante.

4.13.3 Méthode CEI 793-1-C3B – Tambour à diamètre fixe

4.13.3.1 Objet

Ce paragraphe décrit la procédure permettant de vérifier la sensibilité aux microcourbures des fibres de catégories A1 et B. Cette méthode fournit l'augmentation de l'affaiblissement due aux effets des microcourbures pour une pression linéique fixe appliquée à la fibre.

where

$\Delta\theta$ is the phase shift (degrees)

f is the modulation frequency (Hz)

L is the length of the sample (km)

V is the constant depending on the photoelastic coefficient (k), the speed of light in a vacuum (c) and the effective group index of refraction (N_{ef}):

$$V = \frac{k \cdot c}{360 N_{ef}}$$

For B1 fibres, V is typically 726 km/s/degree.

From this the linear pressure can be calculated:

$$P = \frac{T}{R} = \frac{EA\epsilon}{R}$$

where

T is the tension applied to the fibre (N)

R is the radius of the expandable drum in rest condition (mm)

E is the Young's modulus of the fibre (N/mm²)

A is the cross sectional area of the fibre (glass part) (mm²)

The changes in attenuation coefficient (dB/km) are plotted as a function of the linear pressure P (N/mm) or of the elongation ϵ (%). The points obtained are interpolated by a straight line passing through the origin, the slope of which gives the microbending sensitivity (dB/km/N/mm) or (dB/km/%) of the tested fibre.

4.13.2.5 Results

The following details shall be presented:

- Test apparatus arrangement.
- Minimum diameter of the expandable drum.
- Roughness and type of material used.
- Fibre identification.
- Length of fibre wound on the expandable drum.
- Wavelength of optical source.
- Plot of the measured change in attenuation coefficient as a function of the calculated linear pressure or of the elongation.
- Microbending sensitivity (dB/km/N/mm) or (dB/km/%).
- Relative humidity and ambient temperature.

4.13.3 Method IEC 793-1-C3B – Fixed diameter drum

4.13.3.1 Object

This subclause describes the procedure to verify the microbending sensitivity of category A1 and B fibres. This technique gives the loss increase due to microbending effects for a fixed linear pressure applied to the fibre.

4.13.3.2 Appareillage

L'appareillage est constitué d'un tambour de diamètre fixe. Pour éviter les effets dus aux macrocourbures, un diamètre minimal de 200 mm est prescrit.

La surface du tambour doit être revêtue d'un matériau de rugosité fixée (par exemple, film de recouvrement PSA en papier de verre – qualité 40 μm – Al_2O_3 minéral). Il doit être possible d'enrouler au moins 400 m de la fibre en essai sur la surface revêtue du tambour.

La mesure de l'affaiblissement doit être effectuée par la technique de la fibre coupée (Méthode CEI 793-1-C1A) ou par la technique de rétrodiffusion (Méthode CEI 793-1-C1C).

4.13.3.3 Procédure

La fibre en essai doit être enroulée en une seule couche sur le tambour revêtu avec une force d'enroulement de 3 N (valeur provisoire).

On mesure ensuite l'affaiblissement linéique total. Pour obtenir l'augmentation de l'affaiblissement due à la sensibilité aux microcourbures, cette valeur doit être corrigée de l'affaiblissement linéique intrinsèque de la fibre en essai. Si une force d'enroulement importante est utilisée, l'affaiblissement mesuré est principalement induit par les pertes dues aux microcourbures.

4.13.3.4 Calculs

La sensibilité aux microcourbures est obtenue par la relation suivante:

$$\text{sensibilité aux microcourbures} = \frac{\alpha R}{T} = \frac{\alpha}{P} \quad (\text{dB/km/N/mm})$$

où

α est l'augmentation de l'affaiblissement due à la sensibilité aux microcourbures (dB/km)

P est la pression linéique (N/mm)

R est le rayon du tambour fixe (mm)

T est la tension d'enroulement appliquée à la fibre (N)

On peut répéter l'ensemble de la procédure en utilisant des forces d'enroulement différentes.

4.13.3.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Date de l'essai
- Montage d'essai.
- Diamètre du tambour
- Rugosité et type du matériau utilisé.
- Identification de la fibre.
- Longueur de la fibre enroulée sur le tambour revêtu.
- Longueur d'onde de la source optique.
- Sensibilité aux microcourbures (dB/km/N/mm).
- Humidité relative et température ambiante.

4.13.3.2 Apparatus

The apparatus consists of a fixed diameter drum. To avoid macrobending effects a minimum diameter of 200 mm is required.

The surface of the drum shall be coated with a special material of fixed roughness (for example sandpaper-lapping film PSA – grade 40 μm – mineral Al_2O_3). It shall be possible to wind at least 400 m of the fibre to be tested on the coated surface of the drum.

The attenuation measurement shall be carried out by the cutback technique (Method IEC 793-1-C1A) or by the backscatter technique (Method IEC 793-1-C1C).

4.13.3.3 Procedure

The fibre to be tested shall be wound on the coated drum in one single layer with a winding force of 3 N (provisional value).

Then, the total attenuation coefficient is measured. In order to find the attenuation increase caused by the microbending sensitivity, this value shall be corrected for the intrinsic attenuation coefficient of the fibre under test. In case of a large winding force, the measured attenuation is mainly microbending loss.

4.13.3.4 Calculations

The microbending sensitivity is found by the following relation:

$$\text{microbending sensitivity} = \frac{\alpha R}{T} = \frac{\alpha}{P} \quad (\text{dB/km/N/mm})$$

where

- α is the attenuation increase due to microbending sensitivity (dB/km)
- P is the linear pressure (N/mm)
- R is the radius of fixed drum (mm)
- T is the winding tension applied to the fibre (N)

The complete procedure may be repeated using different winding forces.

4.13.3.5 Results

The following details shall be presented:

- Date of test.
- Test apparatus arrangement.
- Diameter of drum.
- Roughness and type of material used.
- Fibre identification.
- Length of fibre wound on the coated drum.
- Wavelength of the optical source.
- Microbending sensitivity (dB/km/N/mm).
- Relative humidity and ambient temperature.

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

4.14.1 Définitions

4.14.1.1 Continuité optique

La continuité optique d'une longueur de fibre est indiquée par la possibilité de transmission de l'énergie lumineuse dans cette fibre. Cette continuité peut être démontrée en injectant de la lumière à une extrémité de la fibre et en mesurant le flux énergétique en sortie de la fibre.

4.14.1.2 Discontinuité optique (coupure)

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

4.14.2 Objet

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

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

Quand la longueur de la fibre à mesurer est adéquate, une méthode basée sur la technique de rétrodiffusion est applicable. Cette méthode est décrite en 4.7 et 4.30.

Il peut être nécessaire de détecter les coupures

- a) d'un échantillon avant application des contraintes mécaniques,
- b) d'une fibre après avoir été soumise à des contraintes mécaniques.

4.14.3 Equipement

4.14.3.1 Généralités

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

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

Un dispositif typique d'essai est décrit ci-dessous à la figure 32.

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

4.14.1 Definitions

4.14.1.1 Optical continuity

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

4.14.1.2 Optical discontinuity (break)

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

4.14.2 Object

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

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

When the length of the fibre being measured is adequate, a method based on backscattering techniques is applicable. This backscattering method is describes in 4.7 and 4.30.

Breaks may be required to be detected:

- a) in a test sample before mechanical disturbance,
- b) in a fibre after being subjected to mechanical disturbance.

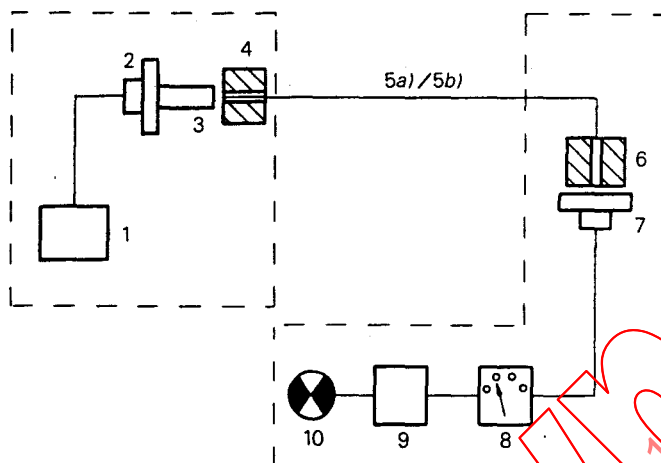
4.14.3 Apparatus

4.14.3.1 General

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

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

A typical test arrangement is shown in figure 32.

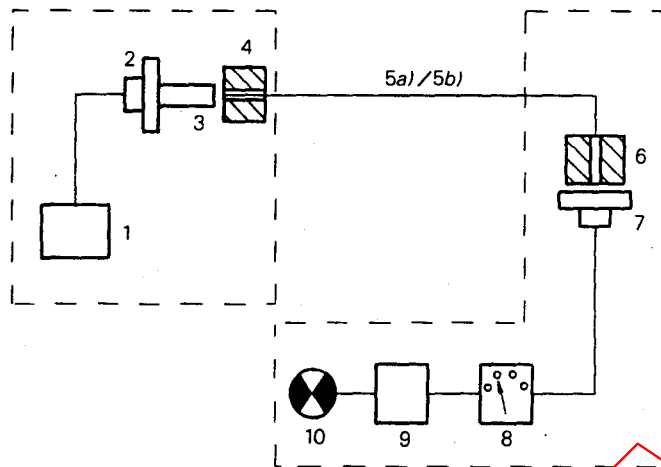


1. Source continue stable
2. Lampe ou DEL
3. Fibre d'injection
4. Embout de fibre (si nécessaire)
5. a) Fibre de contrôle
b) Fibre à mesurer
6. Embout de fibre (si nécessaire)
7. Détecteur photodiode PIN
8. Diviseur de tension
9. Détecteur de seuil
10. Indicateur
11. Photomètre

NOTE Les éléments 6 et 10 peuvent être remplacés par un photomètre adapté (11).

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

Figure 32 – Dispositif typique de mesure de l'énergie lumineuse transmise ou rayonnée



1. Stable DC source
2. Lamp or LED
3. Launch fibre
4. Fibre positioner (if required)
5. a) Check fibre
b) Fibre under test
6. Fibre positioner (if required)
7. PIN photodiode detector
8. Sensitivity control
9. Threshold detector
10. Indicator
11. Power meter

NOTE - Items 6 and 10 may be substituted using a suitable power meter (11).

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

Figure 32 – Typical arrangement for transmitted or radiated light power test

4.14.3.2 *Source optique*

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

4.14.3.3 *Détecteur optique*

Un récepteur adapté à la source utilisée (7), une photodiode PIN par exemple, associée à un détecteur de seuil (9) réglable par un diviseur de tension (8) et à un indicateur (10). Tout autre dispositif équivalent pourra être utilisé. Pour des raisons évoquées en 4.14.3.2 la surface sensible du détecteur doit être de grandes dimensions.

4.14.3.4 *Embouts*

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

4.14.3.5 *«Court-circuit optique»*

Un «court-circuit optique» (5a) s'adaptant à la source et au détecteur qui permet d'effectuer un calibrage du zéro.

4.14.4 *Procédure*

4.14.4.1 *Réglage de l'appareil*

- a) Par l'utilisation d'un «court-circuit optique» (5a) d'intégrité connue, vérifier le fonctionnement de l'appareil.
- b) Lors de l'utilisation de l'appareil décrit à la figure 32, régler le diviseur de tension (8) de sorte que le seuil du détecteur (9) soit à la limite du déclenchement et que l'indicateur (10) fonctionne (si un photomètre est utilisé, vérifier que la lecture est satisfaisante).

4.14.4.2 *Mesure initiale de l'échantillon en essai*

- a) Remplacer la fibre de contrôle (5a) par la fibre en essai (5b).
- b) Augmenter la sensibilité (8) de l'affaiblissement attendu pour la fibre en essai (5b).
- c) S'assurer que l'indicateur (10) fonctionne. Le fonctionnement signifie que la fibre est continue.
- d) Si l'indicateur (10) ne fonctionne pas, augmenter la tension jusqu'à ce que le fonctionnement ait lieu. Calculer l'augmentation (dB) de la sensibilité nécessaire par rapport à celle utilisée en c).
[Si un photomètre est utilisée, calculer l'accroissement de l'affaiblissement entre la puissance indiquée et celle donnée en 4.14.4.1 b)].
- e) Si l'augmentation de l'affaiblissement dépasse la valeur fixée, alors la fibre est considérée comme coupée.

4.14.4.3 *Mesure après contrainte mécanique*

Cet essai se fait uniquement dans le cas où l'on sait que la fibre n'est pas cassée (continuité) avant la contrainte mécanique.

4.14.3.2 *Optical source*

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

4.14.3.3 *Optical detector*

A receiver matched with the source which is used (7), PIN photodiode for instance, associated to a threshold detector (9) adjustable by means of a potential divider (8) and to an indicator (10). Any equivalent device may be used. For the reasons pointed out in 4.14.3.2. the sensitive surface of the detector shall have great dimensions.

4.14.3.4 *Fibre positioner*

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

4.14.3.5 *Check fibre*

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

4.14.4 *Procedure*

4.14.4.1 *Apparatus adjustment*

- a) Using a short check fibre (5a) of known integrity, test the operation of the apparatus.
- b) When using the apparatus as shown in figure 32 adjust the sensitivity control (8) so that the threshold of the detector (9) is just exceeded and the indicator (10) operates (if a power meter is used note that the reading is satisfactory).

4.14.4.2 *Initial measurement of test sample*

- a) Replace the check fibre (5a) by the fibre under test (5b).
- b) Increase the sensibility (8) by the amount of attenuation expected for the fibre under test (5b).
- c) Ensure the indicator (10) operates. Operation indicates continuity.
- d) If the indicator (10) does not operate, increase the sensitivity until operation occurs. Calculate the increase (dB) in sensibility required over that achieved in c) above. [If a power meter is used calculate the increase of attenuation between the power indicated, and the power indicated in 4.14.4.1 b)].
- e) If the attenuation increase exceeds the agreed value, then the fibre is deemed to be broken.

4.14.4.3 *Measurement after mechanical disturbance*

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

- a) Soumettre la fibre à la contrainte mécanique requise.
- b) Remplacer la fibre, si nécessaire, dans le dispositif de contrôle.
- c) Augmenter la tension (8) jusqu'à ce que l'indicateur (10) fonctionne. Calculer la sensibilité requise correspondante à celle obtenue en 4.14.4.2 d) ci-dessus. (Si un photomètre est utilisé, faire le calcul en utilisant les lectures relatives). Si cette augmentation d'affaiblissement dépasse la valeur requise convenue résultant de l'application à cause de la contrainte mécanique, la fibre est considérée comme coupée.

4.14.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Longueur de l'échantillon et affaiblissement attendu.
- Réglage de la sensibilité initiale [4.14.4.1 b)].
- Réglage de la sensibilité pour la fibre à mesurer et condition de l'indicateur avant la contrainte mécanique [4.14.4.2 b) et 4.14.4.2 c)].
- Si l'indicateur ne fonctionne pas, mise au point de la sensibilité requise avant fonctionnement.
- Mise au point de la sensibilité après contrainte [4.14.4.3 c)].

4.15 Méthode CEI 793-1-C5A – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage

4.15.1 Objet

4.15.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de déterminer la dispersion chromatique de fibres unimodales B1 à B3 et des fibres multimodales A1 sur une plage de longueurs d'onde spécifiées, à l'aide des déphasages relatifs entre des sources optiques de différentes longueurs d'onde modulées sinusoïdalement. Ces sources sont, typiquement des diodes laser ou des diodes électroluminescentes filtrées.

4.15.1.2 Les déphasages relatifs sont convertis en temps de propagation relatifs et les renseignements concernant les temps de propagation de groupe spectral sont ensuite ajustés par rapport à l'une des équations exposées au 4.18.

4.15.1.3 Cette méthode peut être appliquée à des mesures de dispersion chromatique effectuées en laboratoire, en usine et dans des conditions réelles de service, et la plage de longueurs d'onde des mesures peut être adaptée aux besoins.

4.15.1.4 Cette méthode d'essai convient pour des longueurs de fibres ou de câbles supérieures à $L = 1$ km (généralement, la longueur d'un câble est inférieure à celle de ses fibres).

4.15.2 Appareillage

4.15.2.1 Source lumineuse

4.15.2.1.1 Diodes laser multiples (figure 33)

Il est nécessaire d'utiliser au moins trois diodes laser à injection de longueurs d'onde centrales connues. La longueur d'onde centrale et la phase de sortie modulée de chaque source doivent être stables pendant toute la durée de la mesure, pour le courant de polarisation, la fréquence de modulation et la plage de température des diodes rencontrées. (La stabilité des phases comprend une partie de la stabilité de l'ensemble du système traité en 4.15.2.2.3).

- a) Subject the fibre to the required mechanical disturbance.
- b) Replace the fibre in the test apparatus if necessary.
- c) Increase the sensitivity (8) until the indicator (10) operates. Calculate the sensibility required relative to that achieved in 4.14.4.2 d) above. (If a power meter is used make the calculation using the relative readings). If this attenuation increase exceeds the agreed value due to the mechanical disturbance test then the fibre is deemed to be broken.

4.14.5 Results

The following details shall be reported:

- Length of sample and expected attenuation.
- Initial sensitivity setting [4.14.4.1 b)].
- Sensitivity setting for fibre under test and indicator condition before mechanical disturbance [4.14.4.2 b) and 4.14.4.2 c)].
- If the indicator does not operate, the sensitivity setting required for operation.
- Sensitivity setting after mechanical disturbance [4.14.4.3 c)].

4.15 Method IEC 793-1-C5A – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the phase-shift method

4.15.1 Object

4.15.1.1 This test method describes a procedure for determining the chromatic dispersion of single-mode fibres B1 to B3 and A1 multimode fibres over a specified wavelength range using the relative phase shifts among sinusoidally modulated optical sources of different wavelengths. The sources are typically laser diodes or filtered light emitting diodes.

4.15.1.2 Relative phase shifts are converted to relative time delays and the resultant spectral group delay data are then fitted to one of the equations discussed in 4.18.

4.15.1.3 This method can be applied to laboratory, factory and field measurements of chromatic dispersion, and the wavelength range of the measurements can be tailored as required.

4.15.1.4 This test method is suitable for fibre or cable lengths greater than $L = 1$ km (generally, the length of a cable is shorter than the length of its fibres).

4.15.2 Apparatus

4.15.2.1 Light source

4.15.2.1.1 Multiple laser diodes (figure 33)

Three or more injection laser diodes with known center wavelengths shall be used. The center wavelength and modulated output phase of each source shall be stable over the measurement time period at the bias current, modulation frequency and diode temperature range encountered. (The phase stability comprises part of the overall system stability discussed in 4.15.2.2.3.)

Pour ce qui concerne les fibres de catégorie B1, mesurées à l'aide d'un système à trois longueurs d'onde dans lequel les longueurs d'onde de la source encadrent la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 , (se reporter à la figure 35), la tolérance ou l'instabilité $\delta\lambda$ dans la longueur d'onde centrale conduira à des erreurs maximales de $3\delta\lambda$ lors de la mesure de λ_0 . Les erreurs maximales dans la pente de dispersion, S_0 , sont directement proportionnelles à $\delta\lambda/\Delta\lambda$ (où $\Delta\lambda$ = espacement des longueurs d'onde) et seront approximativement égales à $0,012 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ pour $\delta\lambda/\Delta\lambda = 1 \text{ nm}/30 \text{ nm}$.

Des erreurs inférieures aux erreurs maximales mentionnées ci-dessus peuvent être obtenues en choisissant des sources dont la longueur d'onde moyenne est voisine de la valeur de λ_0 prévue de l'échantillon en essai et/ou en utilisant plus de trois longueurs d'onde.

A titre d'exemple, une diode laser à mode longitudinal unique, à température contrôlée, avec stabilisation de puissance de sortie (ex.: rétroaction P/N) suffit. Un laser supplémentaire peut s'avérer nécessaire pour la liaison de référence des équipements d'essai de terrain (voir au 4.15.2.5).

4.15.2.1.2 Diodes électroluminescentes filtrées (figure 34)

Il est nécessaire d'utiliser une ou plusieurs diodes électroluminescentes. Leur spectre doit être filtré, par exemple, par un monochromateur, afin d'obtenir au moins trois raies spectrales de largeur à mi-crête typiquement inférieure à 6 nm.

4.15.2.2 Modulateur

4.15.2.2.1 Le modulateur doit moduler les sources de lumière en amplitude afin de générer une forme d'onde à composante de Fourier dominante unique. Par exemple, une modulation de signal sinusoïdal, trapézoïdal ou carré doit être considérée comme acceptable. La stabilité de la fréquence doit être au moins égale à une partie de 10^8 .

4.15.2.2.2 Il est indispensable d'éviter les ambiguïtés de $360/n$ degrés, où n est un nombre entier, lors de la mesure du déphasage. Cela peut être effectué en utilisant des moyens tels que la synchronisation des variations de phase de 360° ou le choix d'une fréquence suffisamment basse pour limiter les déphasages relatifs à des valeurs inférieures à 360° . La fréquence maximale, $f_{\max}$ (MHz), pour un décalage de 360° doit être déterminée pour les fibres de catégorie B1, par la relation suivante:

$$f_{\max} = \frac{8 \cdot 10^6}{S_0 L} ((\lambda_1 - \lambda_0^2 / \lambda_1)^2 - (\lambda_1 - \lambda_0^2 / \lambda_1)^2)^{-1} \quad (\text{A})$$

où

L est la longueur maximale (km) prévue de l'échantillon en essai,

S_0 est la pente de dispersion typique prévue à λ_0 ($\text{ps}/\text{nm}^2 \cdot \text{km}$),

λ_0 est la longueur d'onde de dispersion nulle prévue (nm),

λ_1 et λ_2 encadrent la paire de longueurs d'onde qui est utilisée dans la mesure et qui minimise la valeur de $f_{\max}$.

For category B1 fibres measured with a three-wavelength system in which the source wavelengths bracket the zero-dispersion wavelength, λ_0 (see Figure 35), the tolerance or instability, $\delta\lambda$, in center wavelength will lead to maximum errors of $3 \delta\lambda$ in measuring λ_0 . Maximum errors in dispersion slope, S_0 , are directly proportional to $\delta\lambda/\Delta\lambda$ (where $\Delta\lambda$ = source wavelength spacing) and will be approximately 0,012 ps/(nm²·km) for $\delta\lambda/\Delta\lambda = 1 \text{ nm}/30 \text{ nm}$.

Errors smaller than the above maximum errors can be achieved by selecting sources whose average wavelength is close to the expected λ_0 of the test sample and/or by using more than three wavelengths.

Typically, a temperature-controlled, single longitudinal-mode laser diode with output power stabilization (e.g. PIN feedback) is sufficient. An additional laser may be required for the reference link for field test sets (see 4.15.2.5).

4.15.2.1.2 Filtered light emitting diodes (figure 34)

One or more light emitting diodes shall be used. Their spectrum shall be filtered, for example, by a monochromator, to give three or more spectral lines of full width at half maximum typically less than 6 nm.

4.15.2.2 Modulator

4.15.2.2.1 The modulator shall amplitude modulate the light sources to produce a waveform with a single, dominant Fourier component. For example, a sinusoidal, trapezoidal or square wave modulation shall be acceptable. The frequency stability shall be a minimum of one part of 10^8 .

4.15.2.2.2 It is essential to prevent ambiguities of $360n$ degrees, where n is an integer, in measuring phase shift. This can be accomplished by means such as tracking 360° phase changes or by choosing a modulator frequency sufficiently low to limit the relative phase shifts to less than 360 degrees. The maximum frequency, $f_{\max}$ (MHz) for a 360 degree shift shall be determined for category B1 fibres as

$$f_{\max} = \frac{8 \cdot 10^6}{S_0 L} ((\lambda_i - \lambda_0^2 / \lambda_i)^2 - (\lambda_j - \lambda_0^2 / \lambda_j)^2)^{-1}$$

where

L is the maximum expected test sample length (km),

S_0 is the expected typical dispersion slope at λ_0 (ps/nm²·km),

λ_0 is the expected typical zero dispersion wavelength (nm),

λ_i and λ_j comprise the wavelength pair, used in the measurement, that minimizes $f_{\max}$.

4.15.2.2.3 La fréquence du modulateur doit être suffisamment élevée pour assurer une précision de mesure adéquate.

L'exemple ci-après illustre l'influence des paramètres du système d'essai sur la précision: pour les fibres de catégorie B1 et pour un système à trois longueurs d'onde, dans lequel les longueurs d'onde de la source sont séparées de $\Delta\lambda$, les erreurs maximales seront égales à 0,0012 ps/nm²·km pour S_0 et égales à 0,4 nm pour λ_0 , si la fréquence minimale du modulateur, $f_{\min}$ (MHz) est donnée par la relation suivante:

$$f_{\min} = \frac{\Delta\phi \cdot 10^7}{L (\Delta\lambda)^2} \quad (B)$$

où

$\Delta\phi$ est l'instabilité des phases de l'ensemble de l'équipement d'essai (degrés);

L est la longueur minimale (km) prévue de l'échantillon en essai;

$\Delta\lambda$ est l'intervalle moyen des longueurs d'onde entre deux sources adjacentes (nm).

Donc, pour $\Delta\phi = 0,1^\circ$,
 $L = 10$ km et
 $\Delta\lambda = 32$ nm,
 une fréquence minimale d'environ 100 MHz est requise.

NOTES

1 L'équation B ci-dessus a été développée en la résolvant à plusieurs reprises pour λ_0 et S_0 dans l'équation du temps de propagation (1b) de 4.15.1, avec diverses valeurs d'intervalle de longueurs d'onde et d'instabilité de phase.

2 Des erreurs inférieures aux erreurs maximales mentionnées ci-dessus peuvent être obtenues en sélectionnant des sources dont la longueur d'onde moyenne est proche de la valeur de λ_0 prévue pour l'échantillon en essai et/ou en utilisant plus de trois longueurs d'onde.

4.15.2.2.4 Il est possible de régler la modulation de phase au niveau de chaque source lumineuse, afin de faciliter l'étalonnage du montage d'essai.

4.15.2.3 Composants optiques d'injection

4.15.2.3.1 La sortie des sources de signaux doit être couplée à la fibre en essai ou à la fibre d'étalonnage des phases, afin que la longueur du trajet physique relatif à chaque source reste constant pendant l'essai. (Cette exigence assure que les phases relatives des sources ne varient pas en raison d'une variation des longueurs des trajets). Des dispositifs appropriés peuvent comporter des commutateurs optiques unimodaux à voies multiples ou des connecteurs optiques démontables.

4.15.2.3.2 Lorsque cette méthode d'essai est employée pour une fibre multimodale de la catégorie A1, les conditions d'injection doivent être conformes à la méthode CEI 793-1-C2A – Réponse impulsionnelle.

4.15.2.3.3 Filtre de modes d'ordre supérieur (fibres unimodales)

Lorsque cette méthode d'essai est employée pour une fibre unimodale, il est nécessaire de prévoir une méthode pour empêcher la propagation des modes d'ordre supérieur dans la plage de longueurs d'onde concernée. Parmi les exemples de filtres de modes d'ordre supérieur, on peut citer une simple boucle ayant un rayon suffisamment petit pour déplacer la longueur d'onde de coupure en-dessous de la valeur minimale de la longueur d'onde concernée.

4.15.2.2.3 The frequency of the modulator shall be sufficiently high to ensure adequate measurement precision.

The following is an example of the dependence of precision on test system parameters: for category B1 fibres and a three-wavelength system, in which the source wavelengths span $\Delta\lambda$, maximum errors will be 0,0012 ps/nm²·km for S_0 and 0,4 nm for λ_0 if the minimum modulator frequency, $f_{\min}$ (MHz), is

$$f_{\min} = \frac{\Delta\phi \cdot 10^7}{L (\Delta\lambda)^2} \quad (B)$$

where

$\Delta\phi$ is the overall test equipment phase instability (degrees);

L is the minimum expected test sample length (km);

$\Delta\lambda$ is the average wavelength spacing between adjacent sources (nm).

Hence for $\Delta\phi = 0,1^\circ$,

$L = 10$ km and

$\Delta\lambda = 32$ nm,

a minimum frequency of approximately 100 MHz is required.

NOTES

1 The equation B above was developed by repeatedly solving for λ_0 and S_0 in the time delay equation (1b) of 4.18.1 with various values of wavelength spacing and phase instability.

2 Errors smaller than the above maximum errors can be achieved by selecting sources whose average wavelength is close to the expected λ_0 of the test sample and/or by using more than three wavelengths.

4.15.2.2.4 The phase modulation at each light source may be adjustable to facilitate test set calibration.

4.15.2.3 Launch optics

4.15.2.3.1 The output from the signal sources shall be coupled to the test fibre or the phase calibration fibre such that the physical path length for each source is held constant during the test. (This requirement ensures that the relative phases of the sources do not change due to path length changes). Suitable devices may include multichannel single-mode optical switches or demountable optical connectors.

4.15.2.3.2 When this test method is used for category A1 multimode fibre, launch conditions shall comply with method IEC 793-1-C2A – Impulse Response.

4.15.2.3.3 Higher order mode filter (single-mode)

When this test method is used for single-mode fibre, a method shall be employed to remove high order propagating modes in the wavelength range of interest. An example of such a high order mode filter is a single loop of radius sufficiently small to shift cut-off wavelength below the minimum wavelength of interest.

4.15.2.4 *Détecteur de signaux et dispositif électronique de détection des signaux*

4.15.2.4.1 Un détecteur optique, dont la sensibilité couvre toute la plage de longueurs d'onde à mesurer, doit être utilisé conjointement à un phasemètre. Il est permis d'utiliser un amplificateur pour augmenter la sensibilité du système détecteur. Un système type peut comporter une photodiode PIN, un amplificateur TEC et un voltmètre vectoriel.

4.15.2.4.2 Le système constitué par le détecteur, l'amplificateur et le phasemètre doit uniquement répondre à la composante fondamentale de Fourier du signal de modulation et introduire un déphasage constant du signal sur toute la plage des flux énergétiques reçus. La plage des flux énergétiques reçus peut être contrôlée par un atténuateur optique variable.

4.15.2.5 *Signal de référence*

4.15.2.5.1 Un signal de référence, dont la composante de Fourier dominante est identique à celle du signal de modulation, doit être transmis au phasemètre qui servira à mesurer les phases des sources de signaux. Il est préférable que la phase du signal de référence soit verrouillée par rapport à la phase du signal de modulation et qu'elle soit déduite à partir du signal de modulation.

4.15.2.5.2 *Exemples de configurations de signaux de référence (pour ce qui concerne les exemples a, b et c, se reporter aux figures 33 et 34):*

- a) Lorsque les sources de signaux et le détecteur sont coïmplantés, comme c'est par exemple le cas lors d'un essai en laboratoire, ou lors d'un étalonnage, il est possible d'utiliser une connexion électrique entre le générateur de signaux et la borne de référence du phasemètre.
- b) Pour ce qui concerne les équipements coïmplantés, il est également possible d'utiliser un diviseur optique, installé avant l'échantillon en essai et un détecteur.
- c) Pour ce qui concerne les essais sur site, relatifs aux câbles optiques (sources et détecteur non coïmplantés), il est possible d'utiliser une liaison optique, comprenant, de façon typique, une source lumineuse modulée, une fibre et un détecteur similaires à ceux utilisés pour l'échantillon en essai.
- d) Un signal de référence, relatif aux essais effectués sur site, peut être également transmis sur la fibre en essai en utilisant un multiplexage en longueur d'onde.

4.15.2.6 *Equipement de calcul*

Il est possible d'utiliser un ordinateur numérique pour le contrôle des équipements, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

4.15.3 *Echantillon en essai et fibre d'étalonnage*

4.15.3.1 L'échantillon en essai doit être une fibre ou un câble, selon les indications de la spécification particulière, dont la longueur connue est suffisante pour assurer une précision adéquate de la mesure des phases. Pour un système à trois longueurs d'onde, la longueur minimale peut être évaluée à partir de la relation au 4.15.2.2.3 (B).

4.15.3.2 Il est nécessaire d'utiliser une fibre d'étalonnage de phases du même type de fibre que l'échantillon en essai pour simplifier la mesure de la phase d'entrée ou l'égale des phases. La longueur de cette fibre doit être inférieure ou égale à 0,2 % de la longueur de la fibre en essai.

NOTE - La température de l'échantillon en essai doit être stable pendant toute la durée de la mesure, dans des limites de tolérance comprises entre 0,1 °C et 1 °C, selon l'évolution de cette stabilité dans le temps.

4.15.2.4 *Signal detector and signal detection electronics*

4.15.2.4.1 An optical detector that is sensitive over the range of wavelengths to be measured shall be used in conjunction with a phase meter. An amplifier may be used to increase the detection system sensitivity. A typical system might include a PIN photodiode, FET amplifier and a vector voltmeter.

4.15.2.4.2 The detector-amplifier-phase meter system shall respond only to the fundamental Fourier component of the modulating signal and shall introduce a signal phase shift that is constant over the range of received optical powers encountered. The received power range may be controlled by a variable optical attenuator.

4.15.2.5 *Reference signal*

4.15.2.5.1 A reference signal with the same dominant Fourier component as the modulating signal shall be provided to the phase meter against which to measure the phases of the signal sources. The reference signal should be phase-locked to the modulating signal and is typically derived from the modulating signal.

4.15.2.5.2 *Examples of reference signal configurations (see figures 33 and 34 for examples a, b and c):*

- a) Where the signal sources and detector are co-located, such as in a laboratory test, or during calibration, an electrical connection can be used between the signal generator and the reference port of the phase meter.
- b) An optical splitter, inserted before the test sample, and a detector may also be used for co-located equipment.
- c) For field testing of optical cables (sources and detector not co-located), an optical link can be used, typically comprising a modulated light source, fibre and detector similar to those used for the test sample.
- d) A reference signal for field testing can also be transmitted on the test fibre using wavelength division multiplexing.

4.15.2.6 *Computation equipment*

A digital computer may be used for purposes of equipment control, data acquisition, and numerical evaluation of the data.

4.15.3 *Test sample and calibration fibre*

4.15.3.1 The test sample shall be a fibre or cable, as specified in the detail specification, of known length sufficiently long to produce adequate phase measurement accuracy. For a three-wavelength system, the minimum length can be estimated from relationship in 4.15.2.2.3 (B).

4.15.3.2 A phase calibration fibre of the same fibre type as the test sample shall be used to facilitate input phase measurement or input phase equalization. The length of this fibre shall be less than or equal to 0,2% of the test fibre length.

NOTE - The temperature of the test sample shall be stable during the measurement within 0,1 °C to 1 °C depending upon the temporal behaviour of this change.

4.15.4 Procédure d'essai

4.15.4.1 Etalonnage

4.15.4.1.1 La fibre d'étalonnage des phases (voir 4.15.3.2) doit être insérée dans l'appareillage de mesure; un signal de référence (voir 4.15.2.5) doit être également généré. La phase $\varphi_{in}(\lambda_i)$ doit être mesurée et enregistrée pour chaque source de signal.

NOTE - Selon la stabilité, à long terme, des phases de l'équipement, il est possible que l'étalonnage ne soit pas prescrit pour chaque mesure d'échantillon en essai.

4.15.4.1.2 Alternativement aux indications des 4.15.4.1.1 et 4.15.4.2.1, si les phases des sources de signaux sont réglables, les phases de toutes les sources de signaux doivent alors être égalisées, la fibre d'étalonnage des phases étant en place. Les mesures relatives à l'échantillon en essai doivent alors être effectuées conformément à la description fournie en 4.15.4.2.1. Dans ce cas, $\varphi_{in}(\lambda_i) = 0$ pour les calculs indiqués en 4.15.4.2.2.

4.15.4.2 Mesures relatives à l'échantillon en essai

4.15.4.2.1 La fibre en essai doit être insérée dans l'appareillage de mesure; un signal de référence (voir 4.15.2.5) doit être également généré. La phase $\varphi_{out}(\lambda_i)$ de chaque source de signal doit être mesurée et enregistrée.

NOTE - Toutes les mesures concernant l'échantillon en essai et l'étalonnage ou l'égalisation doivent être effectuées avec un niveau de flux énergétique à l'entrée du détecteur ajusté à une plage de valeurs qui minimise les déphasages en fonction des niveaux dans le détecteur et dans le dispositif électronique de détection.

4.15.4.2.2 La phase d'entrée mesurée à chaque longueur d'onde doit être soustraite de la phase de sortie à cette longueur d'onde. Le temps de propagation de groupe (ps/km) est donné par la relation suivante:

$$\tau(\lambda_i) = [\varphi_{out}(\lambda_i) - \varphi_{in}(\lambda_i)] \cdot 10^6 / 360 f L \quad \text{pour tous les } \lambda_i$$

où

$\varphi_{out}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 4.15.4.2.1 (degrés),

$\varphi_{in}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 4.15.4.1.1 (degrés),

f (MHz) est la fréquence de modulation, et

L (km) est la longueur de l'échantillon en essai moins la longueur de l'échantillon d'étalonnage.

4.15.4.3 Calculs

4.15.4.3.1 A l'aide des données fournies en 4.15.4.2.2, calculer le meilleur ajustement à l'une des équations du temps de propagation indiquées à l'article 4.18. Utiliser 4.18.1 pour la fibre unimodale de catégorie B1.

4.15.4 Test procedure

4.15.4.1 Calibration

4.15.4.1.1 The phase calibration fibre (see 4.15.3.2) shall be inserted into the measurement apparatus; a reference signal (see 4.15.2.5) shall also be established. The phase, $\varphi_{in}(\lambda_i)$ for each signal source shall be measured and recorded.

NOTE - Depending on the long term phase stability of the equipment, calibration may not be required for each test sample measurement.

4.15.4.1.2 Alternatively to 4.15.4.1.1 and 4.15.4.2.1, if the signal sources are phase adjustable, then with the phase calibration fibre in place, the phases of all signal sources shall be equalized. Test sample measurements shall then be performed as described in 4.15.4.2.1. In this case $\varphi_{in}(\lambda_i) = 0$ for the calculations of 4.15.4.2.2.

4.15.4.2 Test Sample Measurements

4.15.4.2.1 - The test fibre shall be inserted into the measurement apparatus; a reference signal (see 4.15.2.5) shall also be established. The phase $\varphi_{out}(\lambda_i)$ of each signal source shall be measured and recorded.

NOTE - All test sample and calibration or equalization measurements shall be performed with the input optical power level at the detector adjusted to a range that minimizes level-dependent phase shifts in the detector and detector electronics.

4.15.4.2.2 The measured input phase at each wavelength shall be subtracted from the output phase at that wavelength. The relative group delay (ps/km) is

$$\tau(\lambda_i) = [\varphi_{out}(\lambda_i) - \varphi_{in}(\lambda_i)] \cdot 10^6 / 360 fL \quad \text{for all } \lambda_i$$

where

$\varphi_{out}(\lambda_i)$ were measured in 4.15.4.2.1 (degrees),

$\varphi_{in}(\lambda_i)$ were measured in 4.15.4.1.1 (degrees),

f (MHz) is the frequency of the modulation waveform, and

L (km) is the test sample length minus the calibration sample length.

4.15.4.3 Calculations

4.15.4.3.1 Using the data of 4.15.4.2.2, calculate the best fit to one of the delay equations in clause 4.18. Use 4.18.1 for category B1 single-mode fibres.

4.15.4.3.2 En utilisant les valeurs les mieux adaptées des coefficients appropriés indiqués en 4.18, calculer la dispersion $D(\lambda)$ ou d'autres paramètres, selon les prescriptions de la spécification particulière. Se reporter à la figure 35 qui illustre un exemple de valeurs de temps de propagation $\tau(\lambda)$ et la dispersion calculée $D(\lambda)$.

4.15.4.3.3 Les longueurs d'onde de mesure doivent encadrer la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 , ou comporter au moins un point situé à 100 nm de λ_0 , afin d'utiliser ces valeurs pour calculer λ_0 .

4.15.5 Résultats

4.15.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- La date de l'essai.
- Le titre de l'essai et l'équation de 4.18 utilisée pour calculer les résultats.
- L'identification de l'échantillon en essai.
- La longueur de l'échantillon en essai.
- Les résultats d'essai prescrits par la spécification particulière.
- Humidité relative et température ambiante.

4.15.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- La description de la (des) source(s) optique(s) et des longueurs d'onde d'essai utilisées.
- La fréquence du modulateur.
- La description du détecteur de signaux et du dispositif électronique de détection des signaux.
- La description des méthodes de calcul utilisées.

4.15.4.3.2 Using these best-fit values of the appropriate coefficients from 4.18, calculate the dispersion $D(\lambda)$ or other parameters as required by the detail specification. Refer to figure 35 as an example of the delay data, $\tau(\lambda)$ and the calculated dispersion, $D(\lambda)$.

4.15.4.3.3 The measurement wavelengths shall bracket the zero-dispersion wavelength, λ_0 , or contain at least one point within 100 nm of λ_0 to use these data for calculating λ_0 .

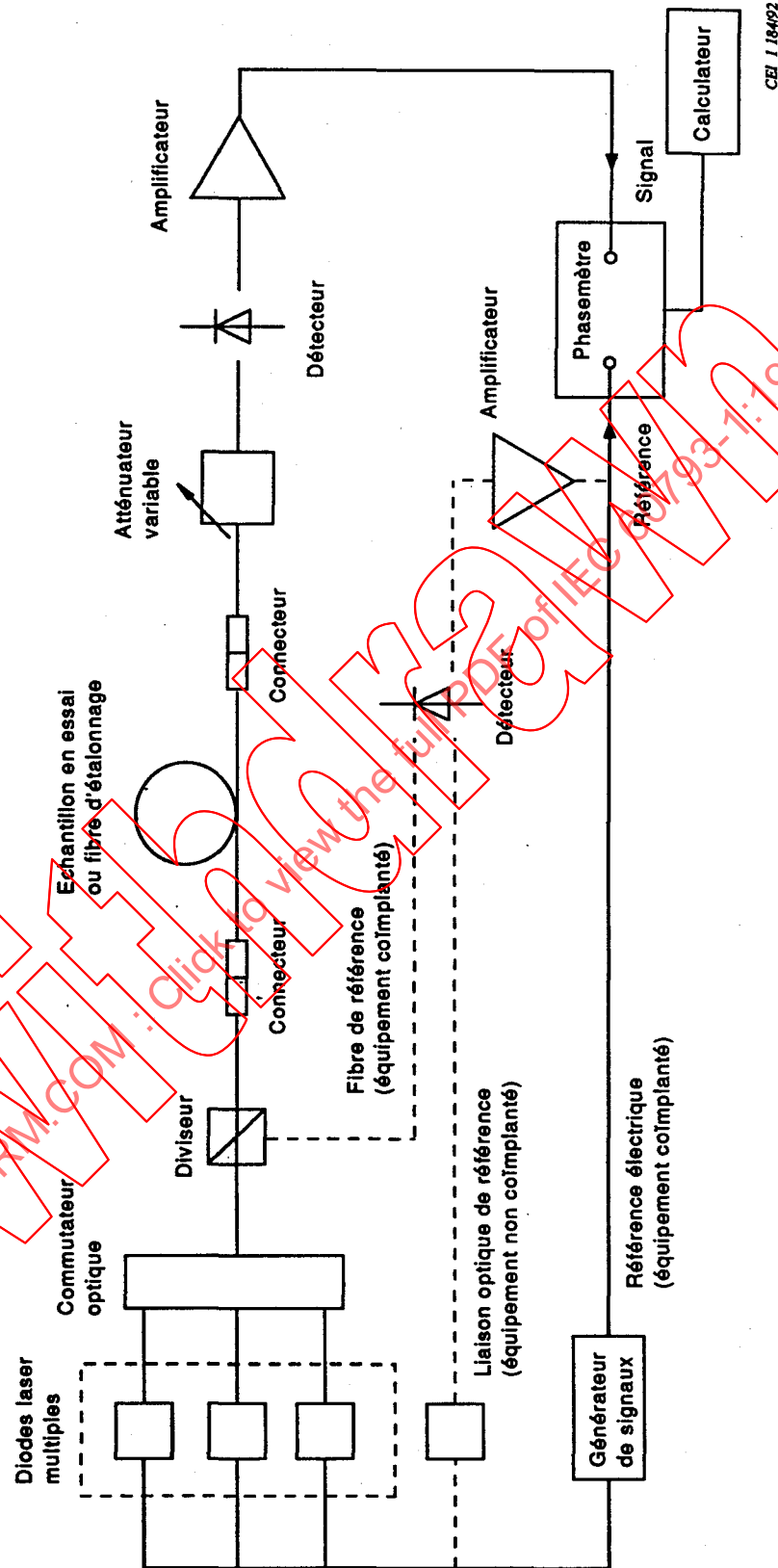
4.15.5 Results

4.15.5.1 The following information shall be reported with each test:

- Date of test.
- Title of test and equation of clause 4.18 used to calculate the results.
- Test sample identification.
- Test sample length.
- Test results as required by the detail specification.
- Relative humidity and ambient temperature.

4.15.5.2 The following information shall be available:

- Description of optical source(s) and test wavelengths used.
- Modulator frequency.
- Description of signal detector and signal detection electronics.
- Description of computational techniques used.



CEI 118492

Figure 33 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes laser multiples (exemple type)

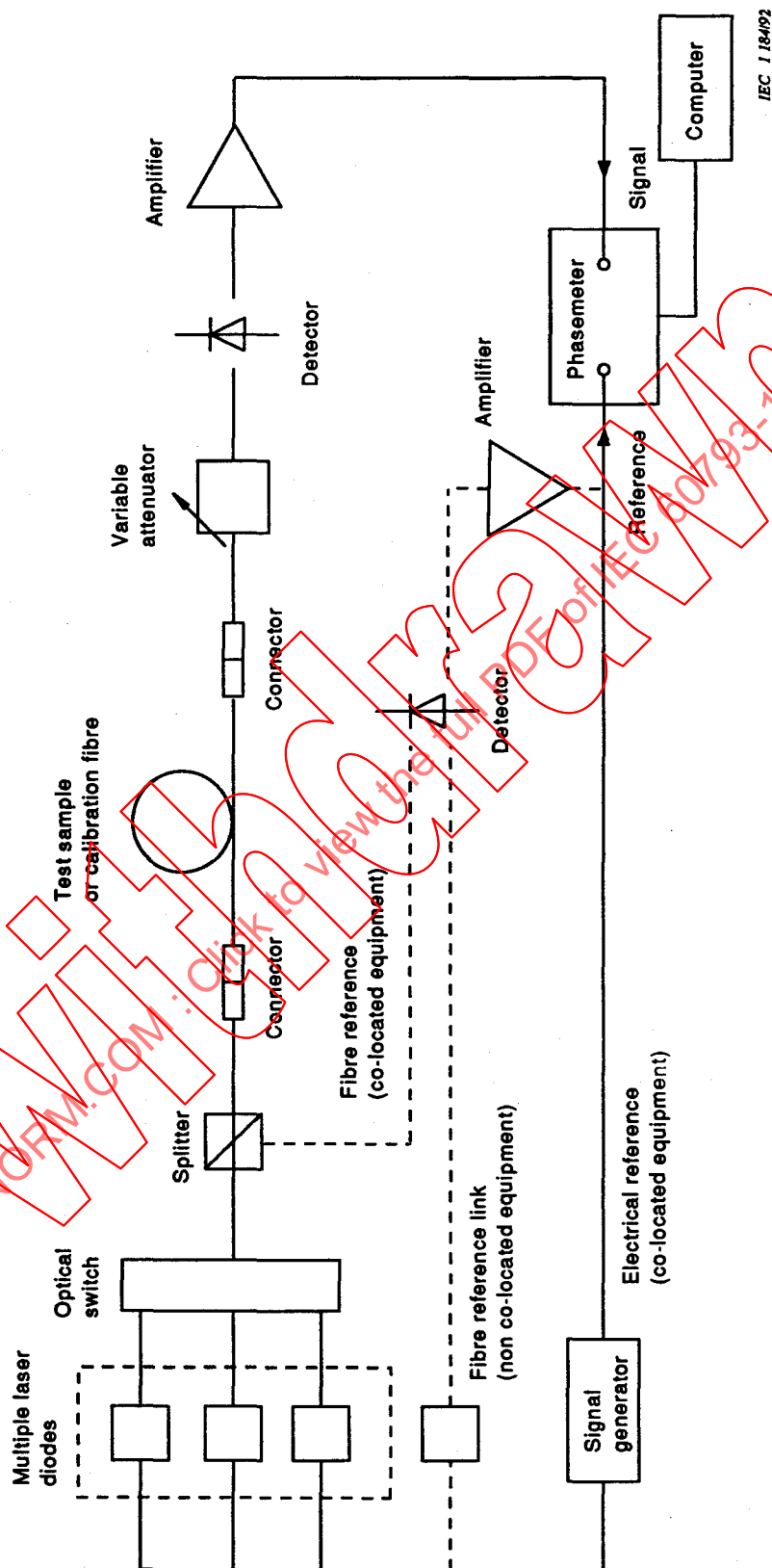


Figure 33 – Chromatic dispersion test set – Multiple laser system (typical)

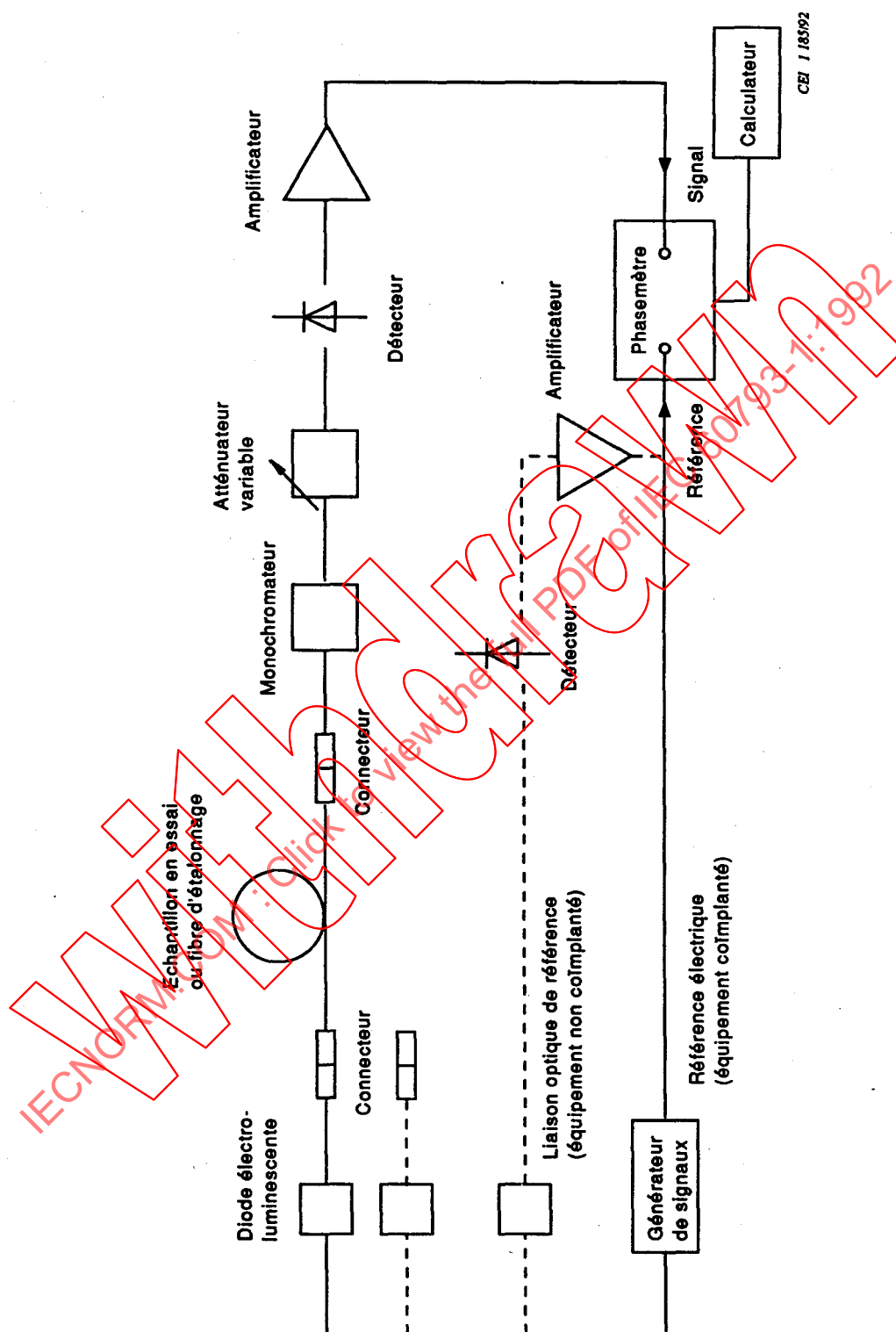


Figure 34 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes électroluminescentes (exemple type)

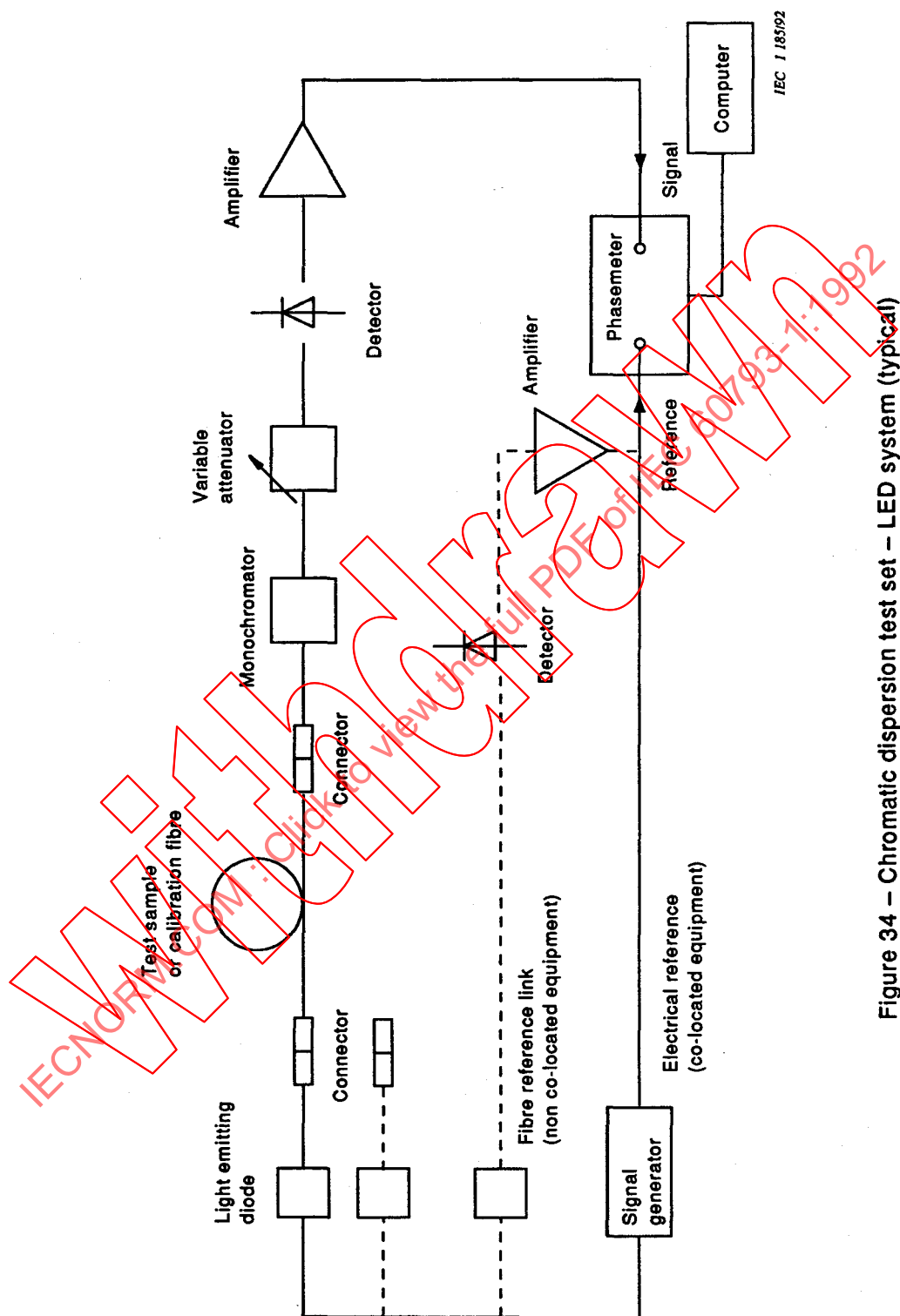
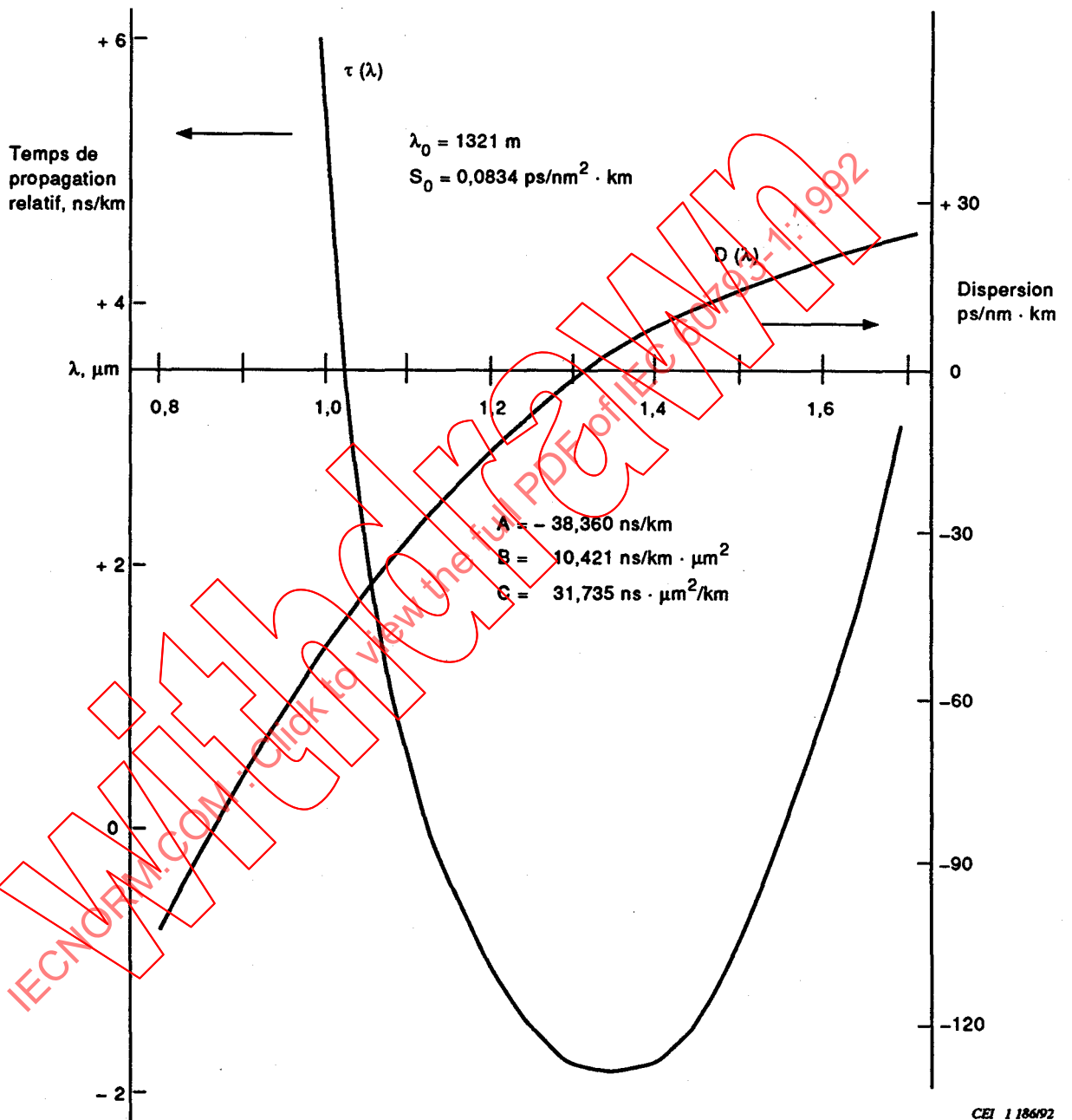


Figure 34 – Chromatic dispersion test set – LED system (typical)



CEI 118692

Figure 35 – Courbes types des temps de propagation et des dispersions

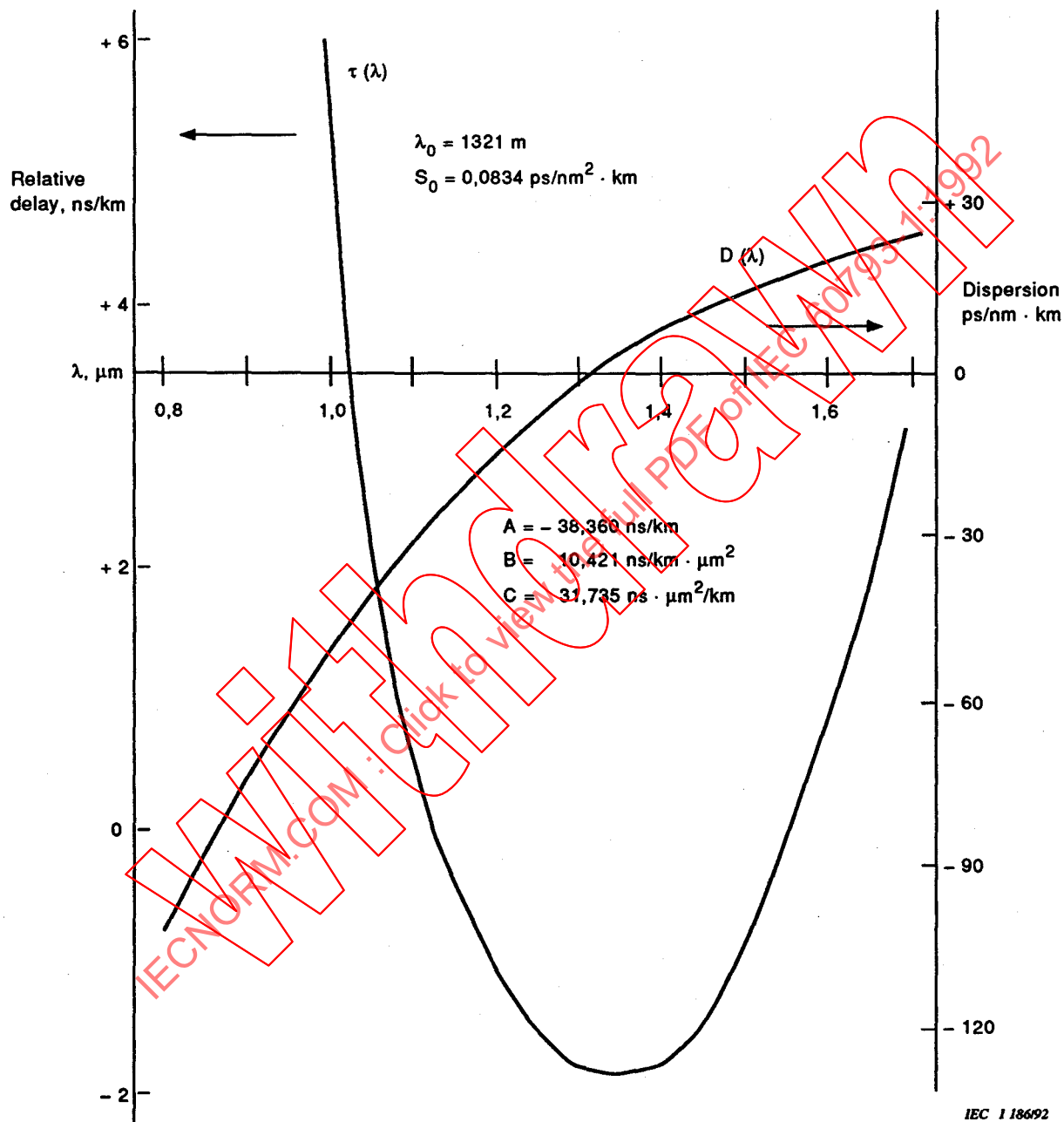


Figure 35 – Typical delay and dispersion curves

4.16 Méthode CEI 793-1-C5B – Mesure de la dispersion chromatique par la méthode de mesure du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel

4.16.1 Objet

4.16.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de déterminer la dispersion chromatique des fibres optiques unimodales des catégories B1 à B3 et des fibres multimodales à gradient d'indice de catégorie A1 sur la plage de longueurs d'onde comprise entre 1 060 nm et 1 700 nm environ, à l'aide d'une source laser YAG Nd à fibre Raman ou de sources à diodes laser multiples.

4.16.1.2 Dans cette méthode on mesure, à plusieurs longueurs d'onde, la différence de propagation des impulsions optiques à travers une longueur de fibre connue. A l'aide de la source laser YAG Nd à fibre Raman, il est possible d'obtenir des valeurs dans la plage comprise entre 1 060 nm environ et 1 700 nm environ. Il est également nécessaire d'effectuer un ensemble de mesures de référence sur une fibre de référence courte et de soustraire cet ensemble de mesures des valeurs mesurées sur la fibre en essai, pour obtenir le temps de propagation relatif de groupe spectral.

4.16.1.3 Les valeurs résultantes du temps de propagation de groupe spectral sont ensuite appliquées à l'une des équations proposées au 4.18.

4.16.1.4 Cette méthode d'essai convient pour des longueurs de fibres ou de câbles supérieures à $L = 1$ km. (généralement, la longueur d'un câble est inférieure à celle de ses fibres).

4.16.2 Appareillage

4.16.2.1 Source lumineuse

Les sources lumineuses préconisées pour cette méthode sont les suivantes:

4.16.2.1.1 Laser à fibre Raman (figure 36)

Un système laser à fibre Raman, composé d'un laser YAG Nd déclenché à verrouillage de phase synchrone, pompant une longueur adéquate (environ 200 m) de fibre unimodale, filtré spectralement par un dispositif tel qu'un monochromateur à diffraction, doit être capable de générer des impulsions optiques de courte durée (< 400 ps LMH); en outre, il doit présenter une intensité et une stabilité spatiale et temporelle suffisantes pour effectuer les mesures décrites.

4.16.2.1.2 Diodes laser multiples (figure 37)

Des diodes laser à injection multiples (au moins trois), à plusieurs longueurs d'onde, doivent être considérées comme suffisantes pour effectuer ces mesures si leurs impulsions sont de courte durée (inférieures à 400 ps LMH), stables en intensité et susceptibles d'être déclenchées, de façon stable, pendant toute la durée de la mesure.

4.16.2.1.3 La largeur spectrale de la source, telle que mesurée dans l'échantillon en essai, doit être inférieure ou égale à 10 nm en des points à 50 % de puissance (LMH).

4.16 Method IEC 793-1-C5B – Chromatic dispersion measurement by spectral group delay measurement in the time domain

4.16.1 Object

4.16.1.1 This test method describes a procedure for determining the chromatic dispersion of single-mode fibres categories B1 to B3 and graded index multimode fibres category A1 over the wavelength range of approximately 1 060 nm to 1 700 nm with the use of a Nd:YAG/fibre Raman laser source or multiple laser diode sources.

4.16.1.2 In this method the time difference of optical pulse delay through a known length of fibre at several wavelengths is measured. Using the Nd:YAG/fibre Raman laser, data can be obtained from about 1 060 nm to about 1 700 nm. A reference set of measurements shall also be taken through a short reference fibre and is subtracted from data taken from the test fibre to obtain relative spectral group delay.

4.16.1.3 The resultant spectral group delay data is then fitted to one of the equations discussed in 4.18

4.16.1.4 This test method is suitable for fibre or cable lengths greater than $L = 1$ km (generally the length of a cable is shorter than the length of its fibres).

4.16.2 Apparatus

4.16.2.1 Light source

Light sources suitable for purposes of this method are as follows:

4.16.2.1.1 Fibre Raman laser (figure 36)

A fibre Raman laser system, consisting of a synchronously mode locked and Q-switched Nd:YAG laser pumping an appropriate length (approximately 200 m) of single-mode fibre, spectrally filtered by a device such as a grating monochromator, shall be capable of producing optical pulses of short duration (< 400 ps FDHM) and of sufficient intensity and spatial and temporal stability to perform the measurements described.

4.16.2.1.2 Multiple laser diodes (figure 37)

Multiple (three or more) injection laser diodes at several wavelengths shall be considered sufficient for purposes of these measurements if they are of short duration (less than 400 ps FDHM), are stable in intensity and can be stably triggered over the duration of the measurement.

4.16.2.1.3 The spectral width of the source, as measured in the test sample, shall be less than or equal to 10 nm at 50% power points (FDHM).

4.16.2.2 *Dispositif optique d'injection*

4.16.2.2.1 Il est nécessaire de prévoir un moyen approprié pour injecter l'impulsion de longueur d'onde choisie, dans l'échantillon soumis à l'essai. Si la source lumineuse utilise un monochromateur ou des dispositifs similaires de sélection de longueurs d'onde, il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de positionner l'échantillon en essai de telle manière que la longueur d'onde désirée soit couplée dans la fibre en essai. Un exemple consiste à utiliser une courte longueur de fibre dont l'extrémité a été fixée par rapport à la fente de sortie du monochromateur, pour assurer une sélection reproductible de longueurs d'onde lorsque la sortie de cette fibre est couplée en bout avec l'échantillon en essai. En variante, il est possible d'utiliser un système optique permettant de visualiser la position de l'extrémité d'entrée de l'échantillon en essai, si la source lumineuse est arrêtée.

4.16.2.2.2 Lorsque cette méthode est utilisée pour une fibre multimodale à gradient d'indice, les conditions d'injection doivent être conformes aux prescriptions de la méthode CEI 793-1-C2A - Réponse impulsionnelle.

4.16.2.3 *Appareillage de positionnement de l'entrée*

Il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de coupler l'entrée de l'échantillon en essai avec la source lumineuse. Parmi les exemples, on peut citer des étages de réglage micrométrique x-y-z, ou des méthodes de couplage mécanique tels que des connecteurs, des épissures à succion, des épissures à trois tiges, etc. La position de la fibre doit rester stable pendant toute la durée de l'essai.

4.16.2.4 *Appareillage de positionnement de la sortie*

Il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de positionner l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai de sorte que le flux énergétique transmis soit couplé au détecteur. Un tel dispositif de couplage peut inclure l'utilisation de lentilles, ou peut être constitué par une liaison mécanique à la fibre amorcée d'un détecteur.

4.16.2.5 *Détecteur de signaux*

Il est nécessaire d'utiliser un détecteur optique à grande vitesse (réponse impulsionnelle dont la durée totale est inférieure à 400 ps LMH), tel qu'une photodiode à avalanche au germanium, sensible sur toute la plage de longueurs d'onde utilisée. Ce détecteur optique doit être linéaire, dans des limites de 10 %, sur toute la plage d'intensités rencontrées. Il convient de noter que la principale contrainte concernant la linéarité réside dans le simple fait que la crête de l'impulsion n'est pas comprimée, pour que la position de la crête de l'impulsion ne varie pas dans le temps. Il est possible d'utiliser un amplificateur à large bande pour accroître la sensibilité du détecteur, à condition que la conformité aux spécifications relatives à la vitesse et à la linéarité soit toujours vérifiée. Il est possible d'utiliser un atténuateur optique pour maintenir l'amplitude du signal à une valeur constante.

4.16.2.6 *Dispositif électronique de détection des signaux*

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif de mesure et/ou d'affichage, comme par exemple un oscilloscope à échantillonnage à haute fréquence, capable d'afficher le temps relatif d'arrivée des impulsions optiques sur une échelle de temps étalonnée.

4.16.2.2 *Launch optics*

4.16.2.2.1 Suitable means shall be provided to launch the pulse of selected wavelength into the sample under test. If the light source utilizes a monochromator or similar wavelength – selective devices, means shall be provided for positioning the test sample such that the desired wavelength is coupled into the test fibre. One example is the use of a short length of fibre, the input end of which has been fixed with respect to the monochromator output slit such that repeatable wavelength selection occurs when the output of this fibre is butt-coupled to the test sample. Alternatively, an optical system for viewing the position of the input end of the test sample may be used if the light source is turned off.

4.16.2.2.2 When this test method is used for graded index multimode fibre, launch conditions shall comply with Method IEC 793-1-C2A – Impulse response.

4.16.2.3 *Input positioning apparatus*

Means shall be provided to couple the input of the test sample to the light source. Examples include the use of x-y-z micropositioner stages, or mechanical coupling methods such as connectors, vacuum splices, three-rod splices, etc. The position of the fibre shall remain stable over the duration of the test.

4.16.2.4 *Output positioning apparatus*

Means shall be provided to position the output end of the test sample such that the guided optical power is coupled to the system detector. Such coupling may include the use of lenses, or may be a mechanical connection to a detector pigtail.

4.16.2.5 *Signal detector*

A high speed optical detector (less than 400 ps full duration half-maximum (FDHM) impulse response), such as a germanium avalanche photodiode, that is sensitive over the range of wavelengths used, shall be used. It shall be linear within 10% over the range of intensities encountered. Note that the main constraint on linearity is simply that the pulse peak is not compressed in order that pulse peak temporal position remains unaffected. A wideband amplifier may be used to increase the detection system sensitivity provided the speed and linearity specifications are still met. An optical attenuator may be used to maintain a constant signal amplitude.

4.16.2.6 *Signal detection electronics*

A measurement and/or display device, typically a high frequency sampling oscilloscope, shall be used which is capable of displaying the relative arrival time of the optical pulses on a calibrated time scale.

4.16.2.7 Dispositif de temporisation

Il est nécessaire de prévoir un dispositif, tel qu'un générateur numérique de temporisation, qui déclenche la source lumineuse, ou qui est déclenché par la source, et qui est capable de transmettre un signal de déclenchement retardé aux dispositifs électroniques de détection (oscilloscope à échantillonnage), pour compenser les différences de temps de propagation entre les échantillons en essai et de référence. Le dispositif doit assurer la stabilité des temps de propagation pendant toute la durée de l'essai, avec un scintillement et une dérive inférieurs à 50 ps/km efficaces.

4.16.2.8 Equipement de calcul

Il est possible d'utiliser un calculateur numérique pour le contrôle des équipements, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

4.16.3 Echantillon en essai

4.16.3.1 L'échantillon en essai doit être une fibre ou un câble de longueur connue supérieure à 1 km. Cette imposition d'un seuil de longueur a pour but de réduire les imprécisions dans la normalisation des données en ns/nm.km, susceptibles d'être engendrées par des longueurs inférieures à 1 km.

4.16.3.2 Il est nécessaire de préparer des surfaces planes aux extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai.

4.16.3.3 Une fibre de référence du même type de fibre doit être utilisée pour obtenir les renseignements relatifs aux impulsions d'entrée du système. La longueur de la fibre de référence doit être inférieure ou égale à 0,2 % de la longueur de l'échantillon en essai.

NOTE - la température de l'échantillon en essai doit être stable pendant toute la durée de la mesure, dans des limites de tolérance comprises entre 0,1 °C et 1 °C, selon l'évolution de cette stabilité dans le temps.

4.16.4 Procédure d'essai

4.16.4.1 Mesures d'échantillonnage de référence

4.16.4.1.1 Insérer la fibre de référence dans l'appareillage de mesure et régler la longueur d'onde de la source lumineuse à la première longueur d'onde prévue pour l'essai. Régler le générateur de temporisation de manière à obtenir un affichage de l'impulsion d'entrée sur une échelle de temps étalonnée connue de l'oscilloscope.

4.16.4.1.2 La position de l'impulsion est donnée par sa crête ou par son centre de gravité. Enregistrer l'emplacement temporel de cette impulsion par rapport à une marque de référence (par exemple: le graticule d'affichage) du balayage calibré pour cette première longueur d'onde de référence.

4.16.4.1.3 Régler la source lumineuse à la longueur d'onde suivante et, sans faire varier le générateur de temporisation, enregistrer la valeur de $\tau_{in}(\lambda_i)$, qui est la différence temporelle entre les positions de cette impulsion et de celles de la longueur d'onde de référence. Répéter cette procédure à toutes les longueurs d'onde prescrites afin d'exprimer les résultats en termes de variation de la position de l'impulsion par rapport à la longueur d'onde de référence.

4.16.2.7 *Delay device*

A device such as a digital delay generator which either triggers the light source, or is triggered by the source, and which is capable of providing a delayed trigger signal for the detection electronics (sampling oscilloscope) shall be provided for purposes of compensating for the differences in propagation delay between the test and reference samples. The device shall provide delay times which are stable over the duration of the test with less than 50 ps/km r.m.s. jitter and drift.

4.16.2.8 *Computation equipment*

A digital computer may be used for purposes of equipment control, data acquisition and numerical evaluation of the data.

4.16.3 *Test sample*

4.16.3.1 The test sample shall be a fibre or cable of known length greater than 1 km. The purpose of the length restriction is to minimize inaccuracies in the normalization of the data to ns/nm·km that could be caused by lengths shorter than 1 km.

4.16.3.2 A flat endface shall be prepared at the input and output ends of the test sample.

4.16.3.3 A reference fibre of the same fibre type shall be used to obtain system input pulse data. The reference fibre length shall be less than or equal to 0,2% of the test sample length.

NOTE - The temperature of the test sample shall be stable during the measurement within 0,1 °C to 1 °C depending upon the temporal behaviour of this change.

4.16.4 *Test procedure*

4.16.4.1 *Reference sampling measurements*

4.16.4.1.1 Insert the reference fibre into the measurement apparatus, and adjust the wavelength of the light source to the first wavelength for the test. Adjust the delay generator to obtain a display of the input pulse on a known, calibrated time scale of the oscilloscope.

4.16.4.1.2 The pulse position is given by its peak or centroid. Record the temporal location of this pulse with respect to a fiducial mark (such as the display graticule) of the calibrated sweep for this first, reference wavelength.

4.16.4.1.3 Adjust the light source to the next wavelength and, without changing the delay generator, record $\tau_{in}(\lambda_i)$ the temporal difference between the positions of this pulse and that of the reference wavelength. Repeat this procedure at all required wavelengths to express the results in terms of pulse position change with respect to the reference wavelength.

NOTE - Par cette méthode, la précision du temps de propagation du dispositif de temporisation n'est pas importante. S'il n'est pas possible d'effectuer ces mesures par suite de différences de temps importantes entre les impulsions à différentes longueurs d'onde, il sera nécessaire d'utiliser un générateur de temporisation ou un instrument similaire dont la précision est connue, et d'enregistrer son temps de propagation et l'emplacement de l'impulsion sur l'oscilloscope à chaque longueur d'onde, afin d'obtenir le résultat voulu.

4.16.4.2 Mesures relatives à l'échantillon en essai

4.16.4.2.1 Insérer l'échantillon en essai dans l'appareillage de mesure, sélectionner la première longueur d'onde, et régler le générateur de temporisation de manière à obtenir un affichage de l'impulsion de sortie sur une échelle de temps connue et étalonnée de l'oscilloscope.

4.16.4.2.2 Enregistrer l'emplacement temporel de la position de cette impulsion (comme à l'étape décrite en 4.16.4.1.2).

4.16.4.2.3 Régler la source lumineuse sur la longueur d'onde suivante, et enregistrer la différence temporelle $\tau_{out}(\lambda_i)$, entre la position de cette impulsion et celle de la position de l'impulsion de la longueur d'onde de référence déterminée en 4.16.4.2.2, sans réajuster le générateur de temporisation. Répéter cette procédure à toutes les longueurs d'onde prescrites, en exprimant les résultats en termes de décalage temporel de la position de l'impulsion de sortie par rapport à la position de l'impulsion à la longueur d'onde de référence. S'il n'est pas possible d'effectuer les mesures de cette manière, procéder conformément à la méthode décrite dans la note du 4.16.4.1.3.

4.16.4.2.4 Soustraire le décalage temporel de l'impulsion d'entrée mesuré à chaque longueur d'onde, du décalage temporel de l'impulsion de sortie mesuré à la même longueur d'onde.

Le temps de propagation de groupe par unité de longueur est le suivant:

$$\tau(\lambda) = [\tau_{out}(\lambda_i) - \tau_{in}(\lambda_i)]/L \text{ pour tous les } \lambda_i$$

où

$\tau_{in}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 4.16.4.1.3,

$\tau_{out}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 4.16.4.2.3 et

L est la longueur de la fibre moins la longueur de la fibre de référence.

NOTE - A la longueur d'onde de référence, τ est pratiquement égal à 0.

4.16.4.3 Calculs

4.16.4.3.1 A l'aide des données indiquées en 4.16.4.2.4, calculer le meilleur ajustement à l'une des équations du temps de propagation indiquées au 4.18. Utiliser le 4.18.1 pour la fibre multimodale de catégorie A1 et pour la fibre unimodale de catégorie B1.

4.16.4.3.2 En utilisant les valeurs les mieux adaptées des coefficients appropriés indiqués au 4.18, calculer la dispersion $D(\lambda)$ ou d'autres paramètres, selon les prescriptions de la spécification particulière. Se reporter à la figure 35 qui illustre un exemple de valeurs de temps de propagation, $\tau(\lambda)$, et la dispersion calculée $D(\lambda)$.

NOTE - By this method the delay accuracy of the delay device is not of importance. If it is not possible to perform these measurements as a result of large time differences of the pulses at different wavelengths, it will be necessary to utilize a delay generator or similar instrument of known accuracy, and to record both its delay time and the pulse location on the oscilloscope at each wavelength in order to obtain the desired result.

4.16.4.2 Test sample measurements

4.16.4.2.1 Insert the test sample into the measurement apparatus, select the first wavelength, and adjust the delay generator to obtain a display of the output pulse on a known, calibrated time scale of the oscilloscope.

4.16.4.2.2 Record the temporal location of this pulse position (as in step 4.16.4.1.2).

4.16.4.2.3 Adjust the light source to the next wavelength, and record the temporal difference, $\tau_{out}(\lambda_i)$ between this pulse position and that of the reference wavelength pulse position found in 4.16.4.2.2, without readjusting the delay generator. Repeat this procedure at all required wavelengths, expressing the results in terms of the output pulse position time shift with respect to the reference wavelength pulse position. If it is not possible to perform the measurements in this manner, proceed as described in the note of 4.16.4.1.3.

4.16.4.2.4 Subtract the measured input pulse temporal shift at each wavelength from the output pulse shift at the same wavelength.

The group delay per unit length is:

$$\tau(\lambda) = [\tau_{out}(\lambda_i) - \tau_{in}(\lambda_i)]/L \quad \text{for all } \lambda_i$$

where

$\tau_{in}(\lambda_i)$ is measured in 4.16.4.1.3,

$\tau_{out}(\lambda_i)$ is measured in 4.16.4.2.3, and

L is the test fibre length minus the reference fibre length.

NOTE - τ is almost equal to 0 at the reference wavelength.

4.16.4.3 Calculations

4.16.4.3.1 Using the data of 4.16.4.2.4, calculate the best-fit to one of the delay equations given in 4.18. Use 4.18.1 for category A1 multimode and B1 single-mode fibres.

4.16.4.3.2 Using the best-fit values of the appropriate coefficients from 4.18, calculate the dispersion $D(\lambda)$ or other parameters as required by the detail specification. Refer to figure 35 as an example of the delay data, $\tau(\lambda)$ and the calculated dispersion, $D(\lambda)$.

4.16.4.3.3 Les longueurs d'onde de mesure doivent encadrer la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 , ou comporter au moins un point situé à 100 nm de λ_0 , afin d'utiliser ces valeurs pour le calcul de λ_0 .

4.16.5 Résultats

4.16.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- La date de l'essai.
- Le titre de l'essai, suivi de l'équation donnée au 4.18 utilisée pour calculer les résultats.
- L'identification de l'échantillon en essai.
- La longueur de l'échantillon en essai.
- Les résultats d'essai prescrits par la spécification particulière.
- L'humidité relative et la température ambiante.

4.16.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

- La description de la (des) source(s) optique(s) et des longueurs d'onde d'essai utilisées.
- La durée de l'impulsion d'entrée mesurée par le système de détection, en des points à 50 % de puissance (LMH).
- La description du détecteur de signaux, du dispositif électronique de détection des signaux et du dispositif de temporisation.
- La description des méthodes de calcul utilisées.

4.16.4.3.3 The measurement wavelengths shall span the dispersion zero wavelength, λ_0 or contain at least one point within 100 nm of λ_0 to use this data for calculation of λ_0 .

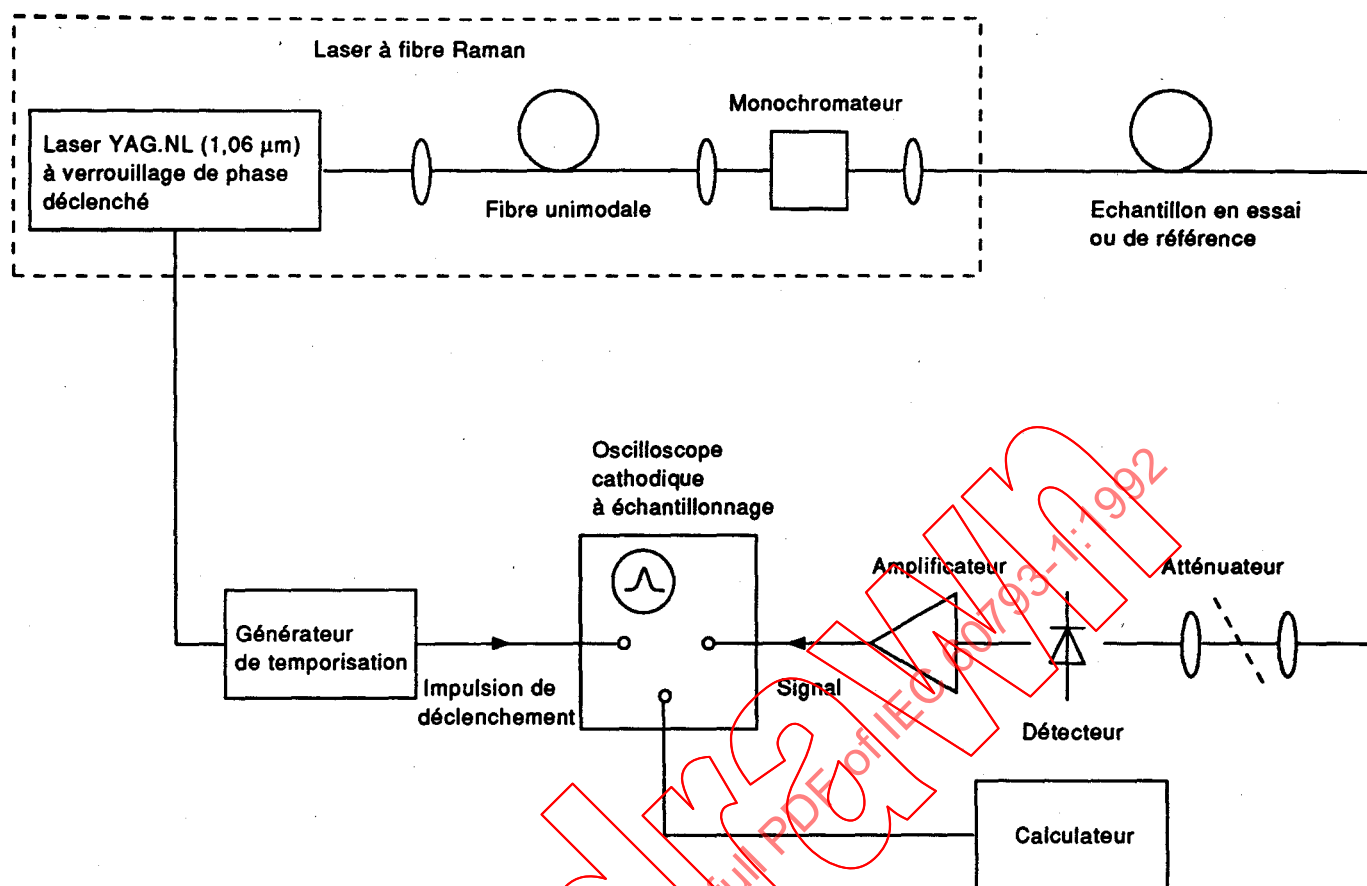
4.16.5 Results

4.16.5.1 The following information shall be reported with each test:

- Date of test.
- Title of test, followed by the equation of clause 4.18 used to calculate the results.
- Test sample identification.
- Test sample length.
- Test results as required by the detail specification.
- Relative humidity and ambient temperature.

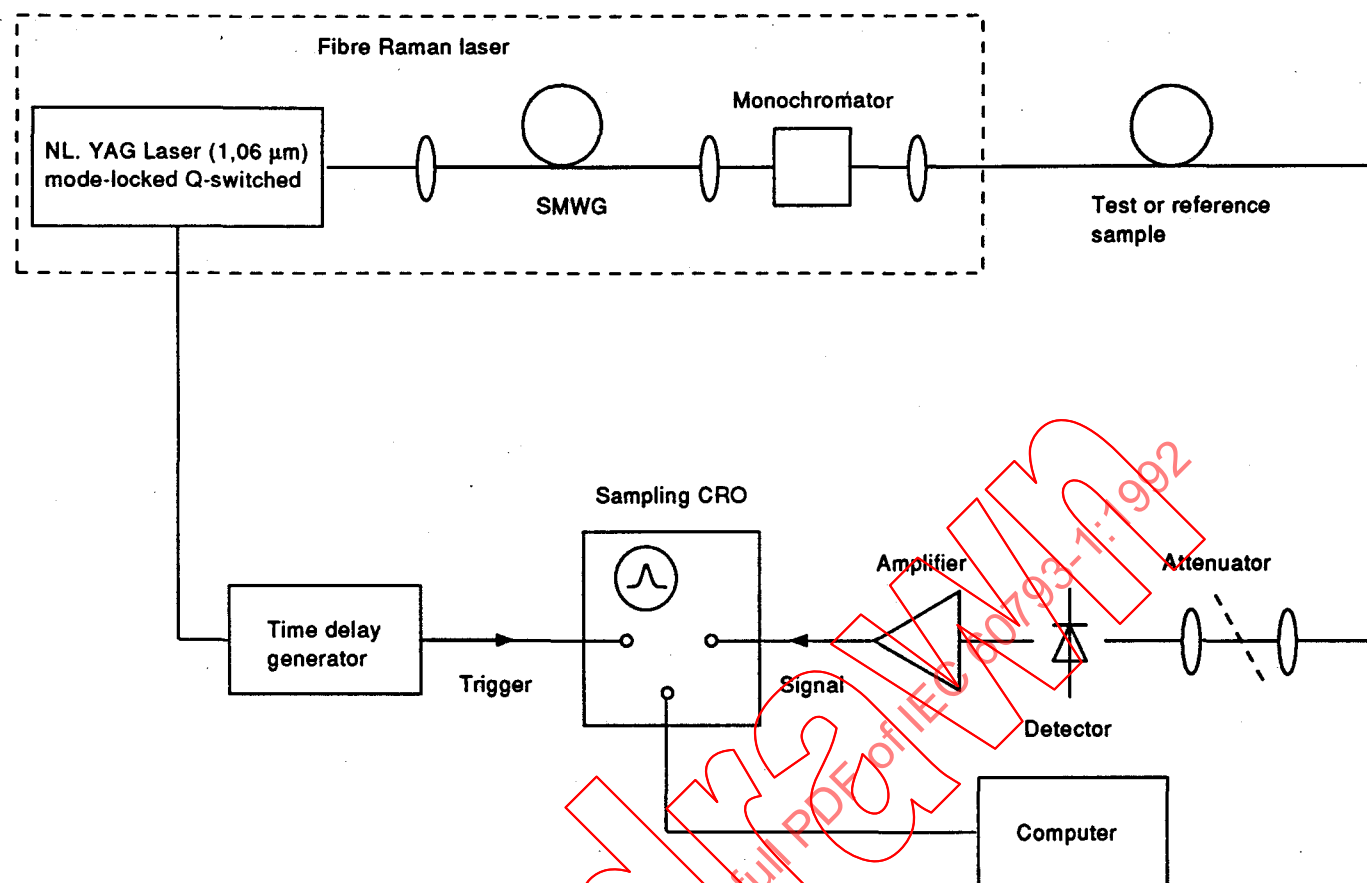
4.16.5.2 The following documentation shall be made available upon request:

- Description of optical source(s) and test wavelengths used.
- Input pulse duration measured by system detection system, at 50% power points (FDHM).
- Description of signal detector, signal detection electronics, and delay device.
- Description of computational techniques used.



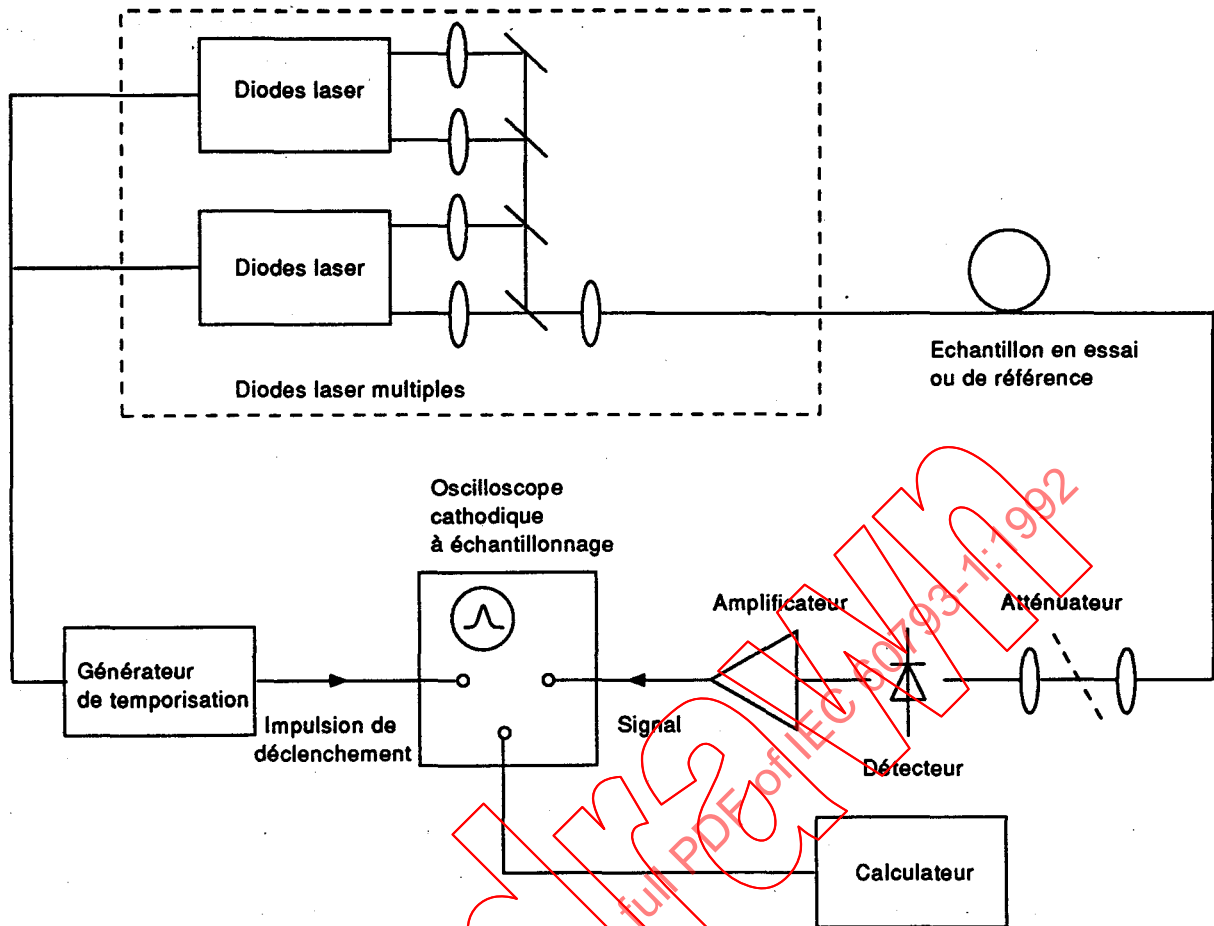
CEI 118792

Figure 36 – Schéma fonctionnel – Système laser à fibre Raman



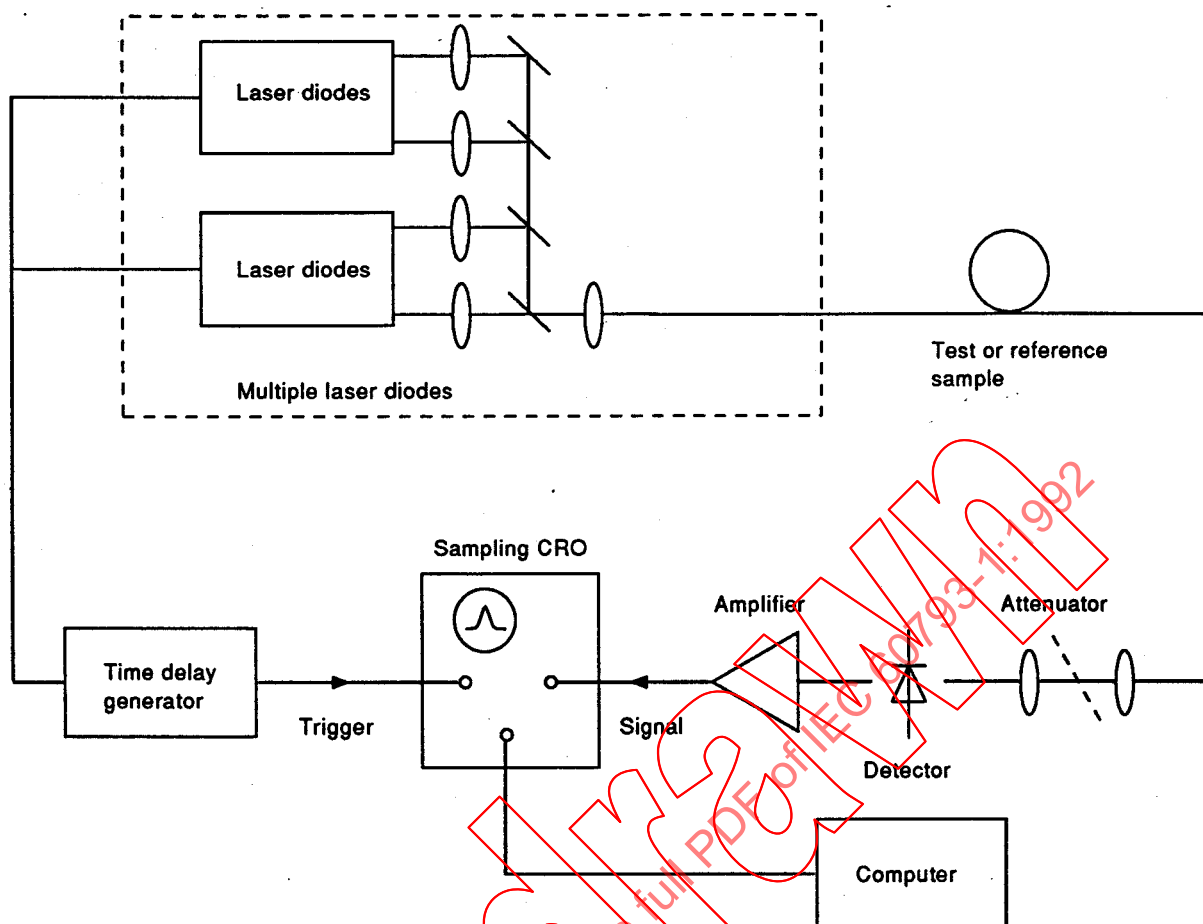
IEC 1187/92

Figure 36 – Block diagram – Fibre Raman laser system



CEI 1188/92

Figure 37 – Schéma fonctionnel – Système à diodes laser multiples



IEC 118892

Figure 37 – Block diagram – Multiple laser diodes system

4.17 Méthode CEI 793-1-C5C – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage différentiel

4.17.1 *Objet*

4.17.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de déterminer la dispersion chromatique de fibres optiques unimodales des catégories B1 à B3 sur la plage de longueurs d'onde comprise entre 1 000 et 1 700 nm. Le coefficient de dispersion à une longueur d'onde particulière est déterminé à partir du retard différentiel des groupes entre deux longueurs d'onde espacées par un intervalle très réduit.

4.17.1.2 Dans cette procédure, une source lumineuse est couplée dans la fibre soumise à l'essai et la phase de la lumière sortant de la fibre à une première longueur d'onde est comparée à la phase de la lumière sortant de la fibre à une deuxième longueur d'onde. La dispersion chromatique moyenne sur tout l'intervalle séparant deux longueurs d'onde est déterminée à partir du déphasage différentiel, de l'intervalle entre les longueurs d'onde et de la longueur de la fibre.

4.17.1.3 Le coefficient de dispersion chromatique à une longueur d'onde intermédiaire entre les deux longueurs d'onde d'essai est supposé égal à la dispersion chromatique moyenne sur tout l'intervalle séparant les deux longueurs d'onde.

4.17.1.4 Il est possible de déterminer des paramètres tels que la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 et la pente de dispersion S_0 à la longueur d'onde λ_0 , en ajustant la courbe par rapport aux valeurs de dispersion. Se reporter au 4.18 pour les calculs.

4.17.1.5 Les sources optiques acceptables sont, de manière typique, des diodes laser ou des diodes électroluminescentes filtrées.

4.17.1.6 Cette méthode peut être appliquée à des mesures de la dispersion chromatique effectuées en laboratoire, en usine et sur site; la plage de longueurs d'onde peut, si nécessaire, être adaptée aux besoins de l'essai.

4.17.1.7 Cette méthode d'essai convient pour des longueurs de fibres ou de câbles supérieures à $L = 1$ km. (Généralement, la longueur d'un câble est inférieure à celle de ses fibres). Il est possible d'appliquer cette méthode à des longueurs plus courtes, bien que pour de telles longueurs, la précision et la reproductibilité puissent être compromises.

4.17.2 *Appareillage*

4.17.2.1 *Source lumineuse*

4.17.2.1.1 *Diodes laser multiples (figure 38)*

Si des diodes laser sont utilisées, deux longueurs d'onde de rayonnement laser sont requises pour chaque mesure de la dispersion chromatique. La longueur d'onde centrale et la phase de sortie modulée de chaque source doivent être stables pendant toute la durée de la mesure pour le courant de polarisation, la fréquence de modulation et la température des diodes rencontrés.

Il est possible d'utiliser une diode laser à mode longitudinal unique ou multiple, à température contrôlée, avec stabilisation de puissance de sortie (ex.: rétroaction d'un détecteur optique). Un laser supplémentaire peut s'avérer nécessaire pour la liaison de référence des équipements d'essai sur site (voir au 4.17.2.5).

4.17 Method IEC 793-1-C5C – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the differential phase shift method

4.17.1 Object

4.17.1.1 A procedure is described for the measurement of chromatic dispersion of single-mode optical fibres categories B1 to B3 over the 1 000 to 1 700 nm wavelength range. The dispersion coefficient at a particular wavelength is determined from the differential group delay between two closely spaced wavelengths.

4.17.1.2 In this procedure, a modulated light source is coupled into the fibre under test, and the phase of the light exiting the fibre at a first wavelength is compared with the phase of the light exiting at a second wavelength. Average chromatic dispersion over the interval between the two wavelengths is determined from differential phase shift, wavelength interval, and fibre length.

4.17.1.3 The chromatic dispersion coefficient at a wavelength medial to the two test wavelengths is assumed to be equal to the average chromatic dispersion over the interval between the two wavelengths.

4.17.1.4 Parameters such as zero-dispersion wavelength λ_0 and dispersion slope S_0 at λ_0 may be obtained by curve fitting to dispersion data. See 4.18 for calculations.

4.17.1.5 Acceptable optical sources are typically laser diodes or filtered light-emitting diodes.

4.17.1.6 This method can be applied to laboratory, factory and field measurements of chromatic dispersion and the wavelength range can be tailored as required.

4.17.1.7 This test method is suitable for fibre or cable lengths greater than $L = 1$ km. (Generally, the length of a cable is shorter than the length of its fibres.) This method may be applied to shorter lengths, although for short lengths the accuracy or repeatability may be compromised.

4.17.2 Apparatus

4.17.2.1 Light source

4.17.2.1.1 Multiple laser diodes (figure 38)

If laser diodes are used, two laser wavelengths are required for each measurement of chromatic dispersion. The center wavelength and modulated output phase of each source shall be stable over the measurement time period at the bias current, modulation frequency and diode temperature encountered.

A temperature-controlled, single longitudinal or multiple longitudinal mode laser diode with output power stabilization (e.g. feedback of optical detector) can be used. An additional laser may be required for the reference link for field test sets (see 4.17.2.5).

4.17.2.1.2 Diodes électroluminescentes filtrées (figure 39)

Il est nécessaire d'utiliser une ou plusieurs diodes électroluminescentes. Leur spectre doit être filtré, par exemple, par un monochromateur, afin d'obtenir une raie spectrale de largeur à mi-crête comprise entre 1 nm et 5 nm.

4.17.2.2 Modulateur

4.17.2.2.1 Le modulateur doit moduler les sources de lumière en amplitude afin de générer une forme d'onde à composante de Fourier dominante unique. Par exemple, une modulation de signal sinusoïdal, trapézoïdal ou carré doit être considérée acceptable. Une stabilité de fréquence de 0,01 ppm est suffisante.

4.17.2.2.2 Il est indispensable d'éviter les ambiguïtés de $360n$ degrés (où n est un nombre entier), lors de la mesure du déphasage différentiel. Ceci peut être réalisé en réduisant la fréquence du modulateur pour des longueurs d'échantillon plus importantes et/ou des grands coefficients de dispersions.

Par exemple, il est possible de choisir une fréquence de modulation suffisamment basse pour limiter les déphasages différentiels à des valeurs inférieures à 360° à chaque paire de longueurs d'onde; la fréquence maximale peut être déterminée pour les fibres de catégorie B1 grâce à la relation suivante:

$$f_{\max} = \frac{4 \times 10^{12} \lambda_0^3 (\lambda_1^4 - \lambda_0^4)^{-1}}{S_0 L \Delta \lambda} \text{ hertz} \quad (1)$$

où

L est la longueur de l'échantillon en essai exprimée en km,

S_0 est la pente de dispersion typique prévue, exprimée en ps/(nm² · km) à λ_0 ,

λ_0 est la longueur d'onde de dispersion nulle typique prévue en nm,

$\Delta \lambda$ est l'espacement des longueurs d'onde entre les points de mesure des phases différentielles, exprimé en nm,

λ_1 est la longueur d'onde de la source en nm, qui minimise la valeur de $f_{\max}$.

4.17.2.2.3 La fréquence du modulateur doit être suffisamment élevée pour assurer une précision de mesure convenable.

4.17.2.2.4 L'espacement des longueurs d'onde $\Delta \lambda$ entre les points de mesure des phases différentielles se trouve, typiquement, dans la plage comprise entre 2 nm et 20 nm.

4.17.2.3 Dispositif optique d'injection

La sortie de la source de signal doit être couplée à la fibre en essai ou à la fibre d'étalonnage des phases (fibre de référence), de sorte que la longueur du chemin physique et la longueur du chemin optique relatifs à chaque source restent constants pendant toute la durée de la mesure du déphasage différentiel. (Cette exigence assure que la phase différentielle entre longueurs d'onde ou entre sources ne varie pas en raison d'une éventuelle variation de la longueur d'un de ces deux chemins.) Des dispositifs appropriés peuvent inclure des commutateurs optiques unimodaux à voies multiples ou des connecteurs optiques démontables.

4.17.2.1.2 Filtered light emitting diodes (figure 39)

One or more light emitting diodes shall be used. Their spectrum shall be filtered, typically by a monochromator, to give a spectral line of full width at half maximum in the range 1 nm to 5 nm.

4.17.2.2 Modulator

4.17.2.2.1 The modulator shall amplitude modulate the light sources to produce a waveform with a single dominant Fourier component. For example, a sinusoidal, trapezoidal or square wave modulation shall be acceptable. A frequency stability of 0,01 ppm is typically sufficient.

4.17.2.2.2 It is essential to prevent ambiguities of 360° (n an integer) in measuring the differential phase shift. This can be accomplished by means such as reducing the modulator frequency for larger sample lengths and/or large dispersion coefficients.

For example, the modulation frequency can be chosen sufficiently low to limit the differential phase shifts to less than 360° at each pair of wavelengths, determined, for category B1 fibres, as

$$f_{\max} = \frac{4 \times 10^{12} \lambda_i^3 (\lambda_i^4 - \lambda_0^4)^{-1}}{S_0 L \Delta \lambda} \text{ hertz} \quad (1)$$

where

L is the test sample length in km,

S_0 is the expected typical dispersion slope in ps/(nm² · km) at λ_0 ,

λ_0 is the expected typical zero dispersion wavelength in nm,

$\Delta \lambda$ is the wavelength spacing between the differential phase measurement points in nm,

λ_i is the source wavelength in nm that minimizes $f_{\max}$.

4.17.2.2.3 The frequency of the modulator shall be sufficiently high to ensure adequate measurement precision.

4.17.2.2.4 The wavelength spacing $\Delta \lambda$ between the differential phase measurement points is typically in the range 2 nm to 20 nm.

4.17.2.3 Launch optics

The output from the signal source shall be coupled to the test fibre or the phase calibration fibre (reference fibre) such that the physical and optical path lengths for each source are constant during differential phase measurement time. (This ensures that the differential phase between wavelengths or sources does not change due to any change in either path length.) Suitable devices may include multichannel single-mode optical switches or demountable optical connectors.

4.17.2.4 *Détecteur de signaux et dispositif électronique de détection de signaux*

4.17.2.4.1 Un détecteur optique, dont la sensibilité couvre toute la plage de longueurs d'onde à mesurer, doit être utilisé conjointement à un phasemètre. Il est possible d'utiliser un amplificateur pour accroître la sensibilité du système de détection. Un système typique peut comporter une photodiode PIN, un amplificateur TEC et un détecteur sensible aux phases.

4.17.2.4.2 Le système constitué par le détecteur, l'amplificateur et le phasemètre doit uniquement répondre à la composante fondamentale de Fourier du signal de modulation et doit introduire un déphasage constant du signal sur toute la plage des flux énergétiques reçus.

4.17.2.4.3 L'unité de traitement des signaux enregistrera le signal différentiel à la sortie du phasemètre, généré par la paire de longueurs d'onde d'essai; en outre, l'unité de traitement des signaux transmettra un signal de sortie représentant la phase différentielle entre les deux longueurs d'onde au calculateur/système d'acquisition des données. Le choix de la longueur d'onde et la mesure de la phase relative, aux deux longueurs d'onde, doivent être suffisamment rapides pour que le résultat ne soit pas faussé par une dérive de la longueur de la fibre en essai. L'unité de traitement des signaux peut être réalisée de plusieurs manières, dont trois exemples représentatifs sont donnés ci-après:

Dans le premier exemple, illustré par les figures 38 et 39, l'unité de traitement des signaux enregistre une phase à une longueur d'onde d'essai donnée et enregistre ensuite une phase à une autre longueur d'onde. La dispersion chromatique à la longueur d'onde moyenne est déterminée à partir de la phase différentielle et de la longueur de la fibre. L'unité intitulée «Traitement des signaux» dans la figure 39 peut comprendre le calculateur.

Le second exemple est illustré par la figure 40. Le signal de référence du phasemètre est lui-même une des deux longueurs d'onde d'essai qui parcourent la fibre.

Le troisième exemple est illustré par la figure 41. La lumière est alternée entre deux longueurs d'onde à une fréquence de plusieurs centaines de hertz, permettant ainsi la détection d'une phase différentielle à la sortie du phasemètre. Le phasemètre génère un signal alternatif qui est synchrone avec la modulation de la longueur d'onde et dont l'amplitude est proportionnelle à la phase différentielle entre les deux longueurs d'onde d'essai. Le signal est ensuite démodulé par un amplificateur à verrouillage pour générer un signal continu représentant la phase différentielle. La dispersion chromatique à la longueur d'onde moyenne est déterminée à partir de la phase différentielle et de la longueur de la fibre.

4.17.2.4.4 Il est possible de prévoir un dispositif optique, tel qu'un atténuateur optique variable pour réguler le flux énergétique reçu.

4.17.2.5 *Signal de référence*

4.17.2.5.1 Un signal de référence, dont la composante de Fourier fondamentale est identique à celle du signal de modulation, doit être transmis au phasemètre qui servira à mesurer les phases différentielles des sources de signaux. Le signal de référence doit être impérativement synchronisé par rapport au signal de modulation et doit être déduit à partir du signal de modulation.

4.17.2.4 *Signal detector and signal detection electronics*

4.17.2.4.1 An optical detector that is sensitive over the range of wavelengths to be measured shall be used in conjunction with a phase meter. An amplifier can be used to increase the detection system sensitivity. A typical system might include a PIN photodiode, FET amplifier, and a phase sensitive detector.

4.17.2.4.2 The detector-amplifier-phase meter system shall respond only to the fundamental Fourier component of the modulating signal and shall introduce a signal phase shift that is constant over the range of received optical powers encountered.

4.17.2.4.3 The signal processing unit will record the differential output from the phase meter produced by the pair of test wavelengths, and provide an output representing the differential phase between the two wavelengths to the computer/data acquisition system. Selection of the wavelength and measurement of the relative phase at the two wavelengths shall be sufficiently rapid so that the result is not adversely affected by test fibre length drift. The signal processing block may be implemented in several ways, three examples of which are given below.

In the first example depicted in figures 38 and 39, the signal processing block records phase at one test wavelength and then records phase at the other wavelength. Chromatic dispersion at the mean wavelength is determined from the differential phase and fibre length. The block labelled "Signal processing" in figure 39 may be encompassed by the computer.

The second example is depicted in figure 40. The reference signal for the phase meter is itself one of the two test wavelengths which pass down the fibre.

The third example is depicted in figure 41. The light is alternated between two wavelengths at a frequency of several hundred hertz, allowing detection of a differential phase output using the phase meter. The phase meter produces an a.c. signal, synchronous with the wavelength modulation, with amplitude proportional to the differential phase between the two test wavelengths. This signal is subsequently demodulated by a lock-in amplifier to produce a d.c. signal representing the differential phase. Chromatic dispersion at the mean wavelength is determined from the differential phase and fibre length.

4.17.2.4.4 Optical means, such as a variable optical attenuator, may be provided to control the received optical power.

4.17.2.5 *Reference signal*

4.17.2.5.1 A reference signal with the same fundamental Fourier component as the modulating signal shall be provided to the phase meter against which to measure the differential phases of the signal sources. The reference signal shall imperatively be synchronized to the modulating signal and is typically derived from the modulating signal.

4.17.2.5.2 Exemples de signaux de référence (se reporter à la figure 38):

- a) Lorsque les sources de signaux et le détecteur sont coïmplantés, comme c'est par exemple le cas lors d'un essai en laboratoire, ou lors d'un étalonnage, il est possible d'utiliser un raccordement électrique entre le générateur de signaux et l'accès de référence du phasemètre.
- b) Pour ce qui concerne les équipements coïmplantés, il est également possible d'utiliser un diviseur optique installé avant l'échantillon en essai et un détecteur.
- c) Pour ce qui concerne les essais sur site relatifs à des câbles optiques, il est possible d'utiliser une liaison optique, comprenant, typiquement, une source lumineuse modulée, une fibre et un détecteur similaires à ceux utilisés pour l'échantillon en essai.

4.17.2.6 Equipement de calcul

Il est possible d'utiliser un calculateur numérique pour le contrôle des équipements, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

4.17.3 Echantillon en essai

4.17.3.1 L'échantillon en essai doit être représenté par une fibre ou un câble dont la longueur connue est suffisante pour assurer une précision convenable de la mesure des phases différentielles. Il est possible de fixer une longueur minimale typique de 1 km.

4.17.3.2 Il est nécessaire d'utiliser une fibre d'étalonnage de phases différentielles du même type que celle de l'échantillon en essai pour compenser les retards chromatiques dans les sources optiques et dans les autres composants de l'équipement. La longueur de cette fibre doit être égale ou inférieure à 0,2 % de la longueur de la fibre en essai.

NOTE - La température de l'échantillon en essai doit être stable pendant toute la durée de la mesure, dans des limites de tolérance comprises entre 0,1 °C et 1 °C, selon l'évolution de cette stabilité dans le temps.

4.17.4 Procédure d'essai

4.17.4.1 Mesures relatives à l'échantillon en essai

La fibre en essai doit être insérée dans l'appareillage de mesure et un signal de référence doit être généré. La phase différentielle $\Delta\phi(\lambda_i)$ des paires de longueurs d'onde adjacentes λ_i' et λ_i'' avec la longueur d'onde moyenne λ_i , doit être mesurée et enregistrée.

4.17.4.2 Etalonnage

La fibre d'étalonnage des phases doit être insérée dans l'appareillage de mesure et un signal de référence doit être généré.

La phase différentielle $\Delta\phi'(\lambda_i)$ des paires de longueurs d'onde adjacentes λ_i' et λ_i'' avec la longueur d'onde moyenne λ_i , doit être mesurée et enregistrée.

Pour ce qui concerne le calcul de la dispersion, la phase différentielle de la fibre d'étalonnage à chaque paire de longueurs d'onde doit être soustraite de la phase différentielle correspondante de la fibre en essai.

NOTE - Toutes les mesures concernant l'échantillon en essai et l'étalonnage doivent être effectuées avec un niveau de flux énergétique à l'entrée du détecteur ajusté à une plage de valeurs qui minimise les déphasages en fonction des niveaux dans le détecteur et dans les dispositifs électroniques.

4.17.2.5.2 Examples of reference signals (see figure 38):

- a) Where the signal sources and detector are collocated, such as in a laboratory test or during calibration, an electrical connection can be used between the signal generator and the reference port of the phase meter.
- b) An optical splitter, inserted before the test sample, and a detector, may also be used for collocated equipment.
- c) For field testing of optical cables (sources and detector not collocated), an optical link can be used typically comprising a modulated light source, fibre, and detector similar to those used for the test sample.

4.17.2.6 Computation equipment

A digital computer can be used for purposes of equipment control, data acquisition and numerical evaluation of the data.

4.17.3 Test sample

4.17.3.1 The test sample shall be a fibre or cable of known length sufficiently long to produce adequate phase measurement accuracy. A typical minimum length may be 1 km.

4.17.3.2 A differential phase calibration fibre of the same fibre type shall be used to compensate for chromatic delays in the optical sources and other equipment components. The length of this fibre shall be less than or equal to 0,2% of the test fibre length.

NOTE - The temperature of the test sample shall be stable during the measurement within 0,1 °C to 1 °C depending upon temporal behaviour of this change.

4.17.4 Test procedure

4.17.4.1 Test sample measurements

The test fibre shall be inserted into the measurement apparatus and a reference signal established. The differential phase $\Delta\phi(\lambda_i)$ of adjacent pairs of wavelengths λ_i' , λ_i'' with mean wavelength λ_i shall be measured and recorded.

4.17.4.2 Calibration

The phase calibration fibre shall be inserted into the measurement apparatus and a reference signal shall be established.

The differential phase $\Delta\phi'(\lambda_i)$ of adjacent pairs of wavelengths λ_i' , λ_i'' with mean wavelength λ_i shall be measured and recorded.

For calculating dispersion, the calibration fibre differential phase at each wavelength pair shall be subtracted from the corresponding test fibre differential phase.

NOTE - All test sample and calibration measurements shall be performed with the input optical power level at the detector adjusted to a range that minimizes level-dependent phase shifts in the detector and electronics.

4.17.4.3 *Calculs*

4.17.4.3.1 Le coefficient de dispersion chromatique à chaque longueur d'onde λ_i est donné par la relation suivante:

$$D(\lambda_i) = 10^{12} \frac{\Delta\phi(\lambda_i) - \Delta\phi'(\lambda_i)}{360 f L \Delta\lambda} \quad \text{ps/(nm} \cdot \text{km)} \quad (2)$$

où

λ_i est la valeur moyenne des deux longueurs d'onde λ_i' et λ_i'' (exprimée en nm),

$\Delta\lambda = \lambda_i' - \lambda_i''$ en nm,

$\Delta\phi(\lambda_i)$ a été mesurée en 4.17.4.1 et est donnée en degrés,

$\Delta\phi'(\lambda_i)$ a été mesurée en 4.17.4.2 et est donnée en degrés,

f est la fréquence de modulation exprimée en hertz,

L est la longueur de l'échantillon en essai moins la longueur de l'échantillon d'étalonnage, exprimée en kilomètres.

4.17.4.3.2 Le coefficient de dispersion chromatique lui-même peut servir à caractériser la fibre en essai. Aucun traitement de données ni aucun calcul supplémentaire ne sont requis pour la mesure du (des) coefficient(s) de dispersion à la (aux) longueur(s) d'onde d'essai utilisée(s).

4.17.4.3.3 Il est possible de calculer les valeurs en procédant conformément aux indications du 4.18 pour obtenir la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 et la pente de dispersion S_0 à λ_0 .

4.17.5 *Résultats*

4.17.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- La date de l'essai.
- Le titre de l'essai.
- L'identification de l'échantillon en essai.
- La longueur de l'échantillon en essai.
- Les résultats d'essai prescrits par la spécification particulière.
- L'humidité relative et la température ambiante.

Exemples d'informations susceptibles d'être requises par la spécification particulière:

- a) Les valeurs du coefficient de dispersion mesurées à un certain nombre de longueurs d'onde spécifiées.
- b) Le (ou les) maximum(s) de dispersion sur une plage de longueurs d'onde spécifiées.
- c) La longueur d'onde de dispersion nulle et la pente de dispersion à cette longueur d'onde.

4.17.4.3 Calculations

4.17.4.3.1 The chromatic dispersion coefficient at each wavelength λ_i is given by:

$$D(\lambda_i) = 10^{12} \frac{\Delta\phi(\lambda_i) - \Delta\phi'(\lambda_i)}{360 f L \Delta\lambda} \quad \text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km}) \quad (2)$$

where

- λ_i is the mean value of the two wavelengths λ_i' and λ_i'' in nm,
- $\Delta\lambda = \lambda_i' - \lambda_i''$ in nm,
- $\Delta\phi(\lambda_i)$ was measured in 4.17.4.1 and is given in degrees,
- $\Delta\phi'(\lambda_i)$ was measured in 4.17.4.2 and is given in degrees,
- f is the frequency of the modulating waveform in hertz,
- L is the test sample length minus the calibration sample length in km.

4.17.4.3.2 The chromatic dispersion coefficient may in itself be used to characterize the test fibre. No other data processing or calculation is necessary for the measurement of the dispersion coefficient(s) at the test wavelength(s) used.

4.17.4.3.3 The data may be calculated as shown in 4.18 to obtain the zero-dispersion wavelength λ_0 and the dispersion slope S_0 at λ_0 .

4.17.5 Results

4.17.5.1 The following information shall be reported with each test:

- Date of test.
- Title of test.
- Test sample identification.
- Test sample length.
- Test results as required by the detail specification .
- Relative humidity and ambient temperature.

Examples of the information that the detail specification may require:

- a) Dispersion coefficient values measured at certain specified wavelengths.
- b) Dispersion maximum (or maxima) over a specified range of wavelengths.
- c) The zero-dispersion wavelength and dispersion slope at this wavelength.

4.17.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- Le personnel chargé d'effectuer les essais.
- La description de la (des) source(s) optique(s) et des paires de longueurs d'onde d'essai utilisées.
- La fréquence de modulation.
- La description du détecteur de signaux et du dispositif électronique de détection des signaux.
- La description des méthodes de calcul utilisées et, le cas échéant, des équations du 4.18 utilisées pour le calcul.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1992

Withdrawn

4.17.5.2 The following information shall be available:

- Test personnel.
- Description of optical source(s) and test wavelength pairs used.
- Modulation frequency.
- Description of signal detector and signal detection electronics.
- Description of computational techniques used and equations of 4.18 used for calculation if used.

Withd 2021
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1992

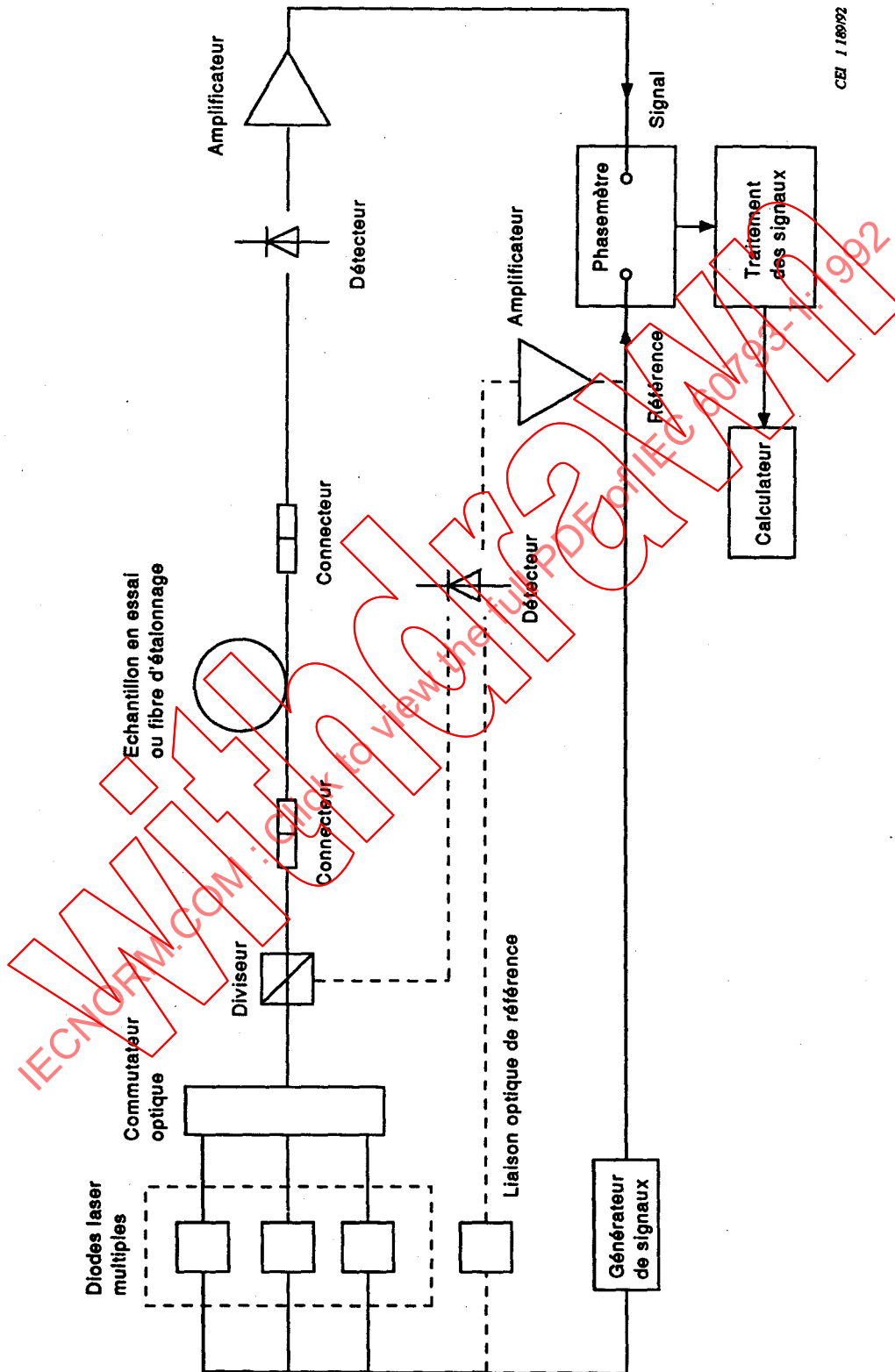
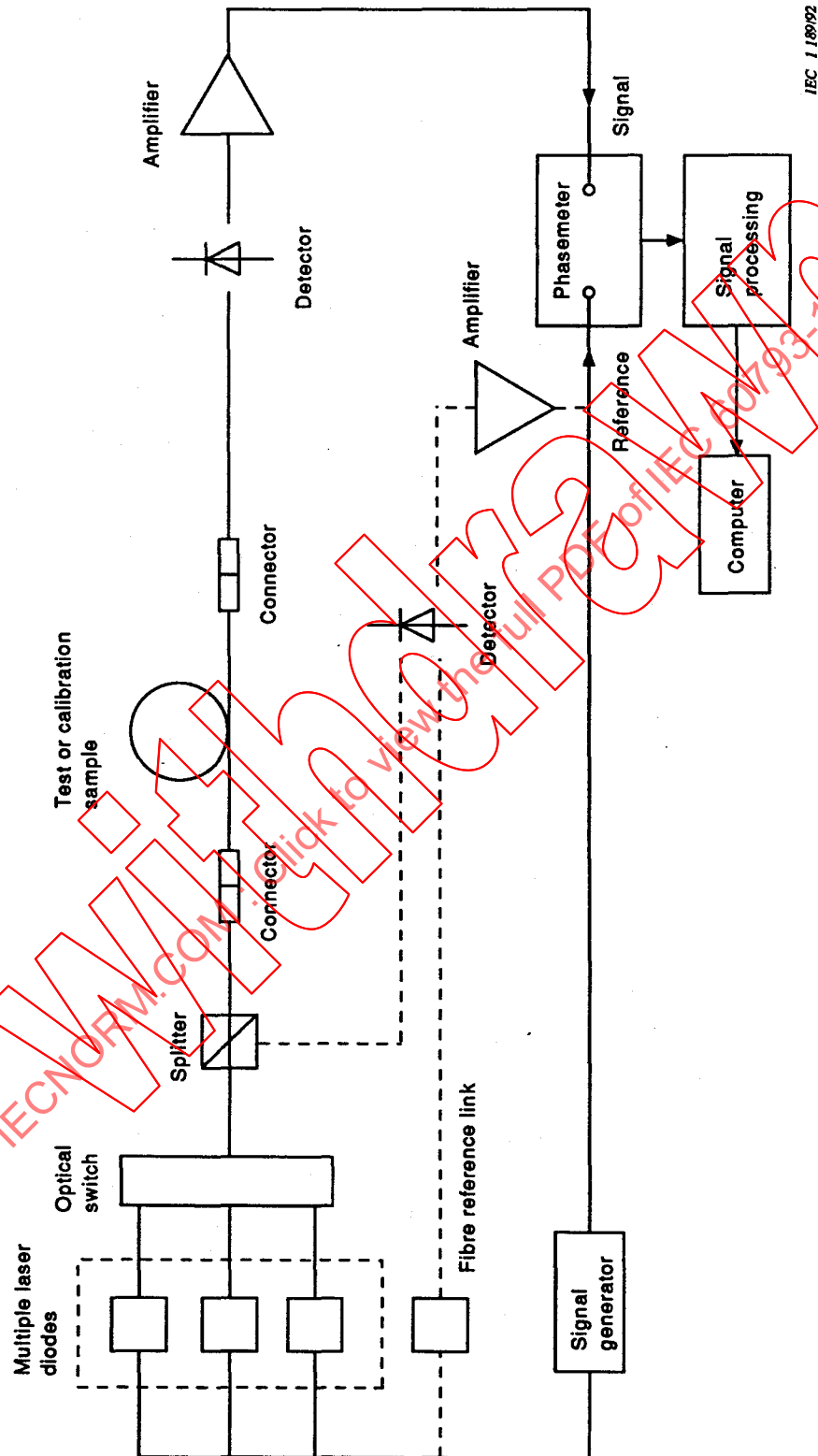
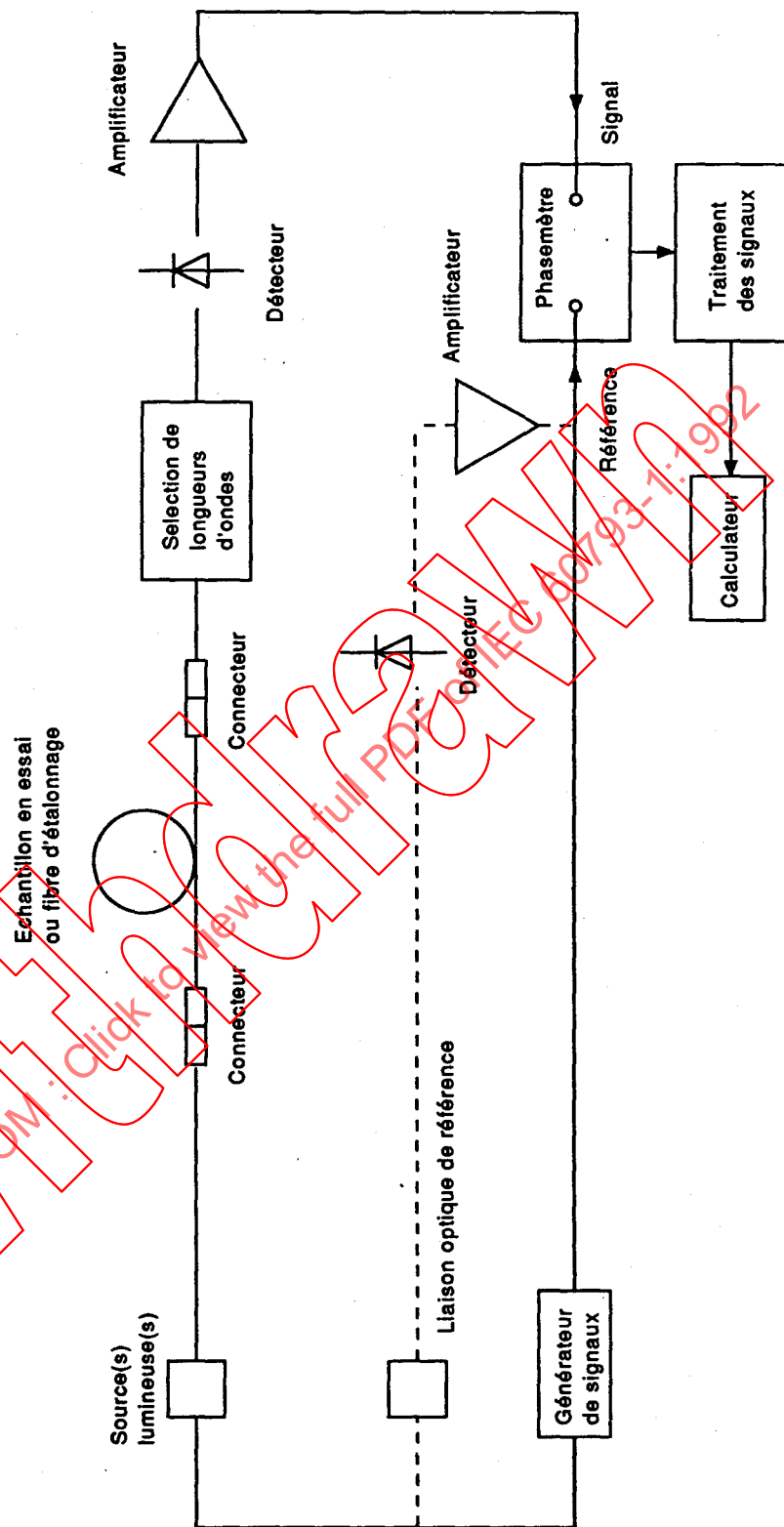


Figure 38 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes laser multiples



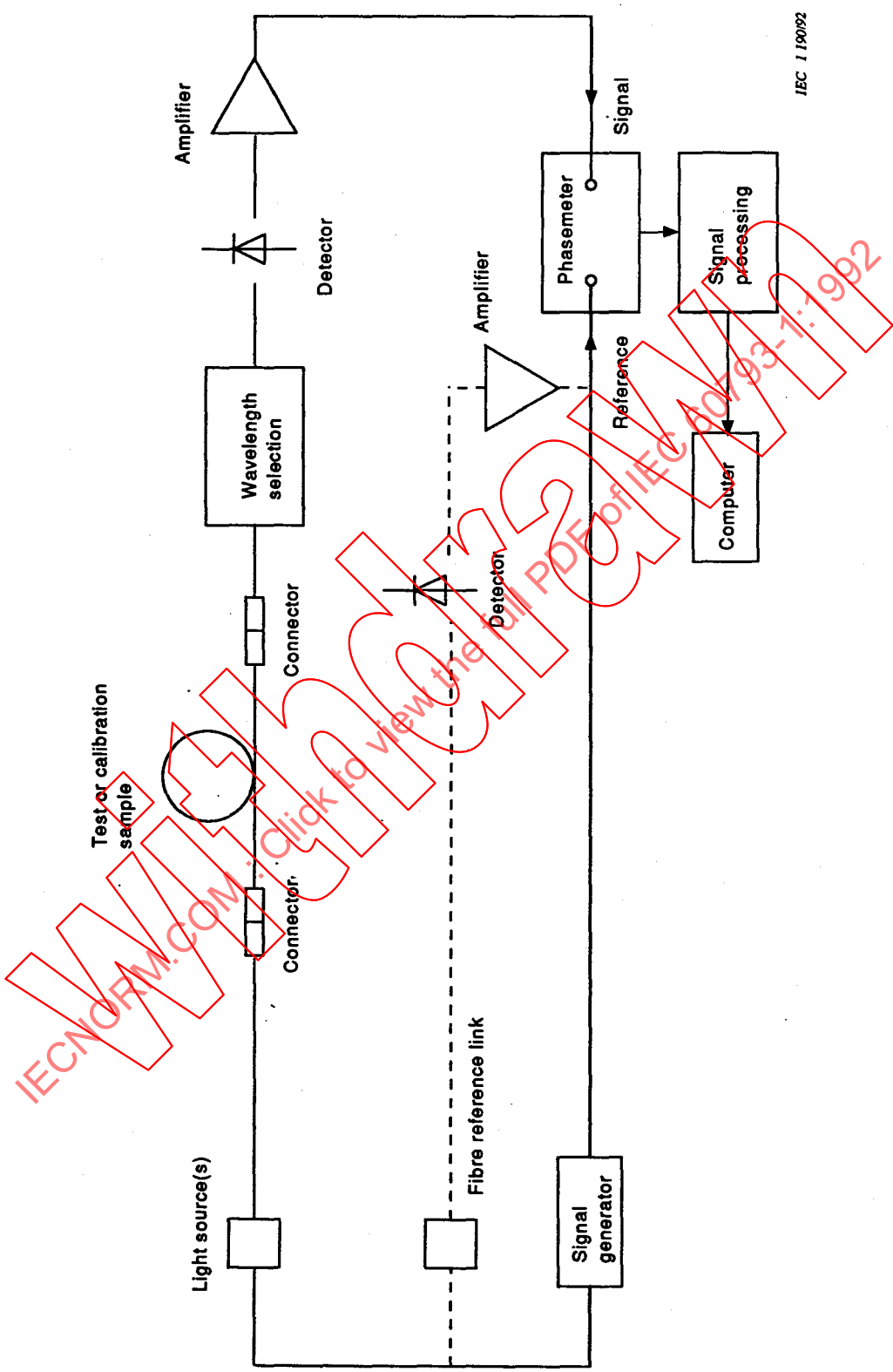
IEC 1189/92

Figure 38 – Chromatic dispersion test set – Multiple laser system



CEI 119092

Figure 39 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à DEL



IEC 190/92

Figure 39 – Chromatic dispersion test set – LED system

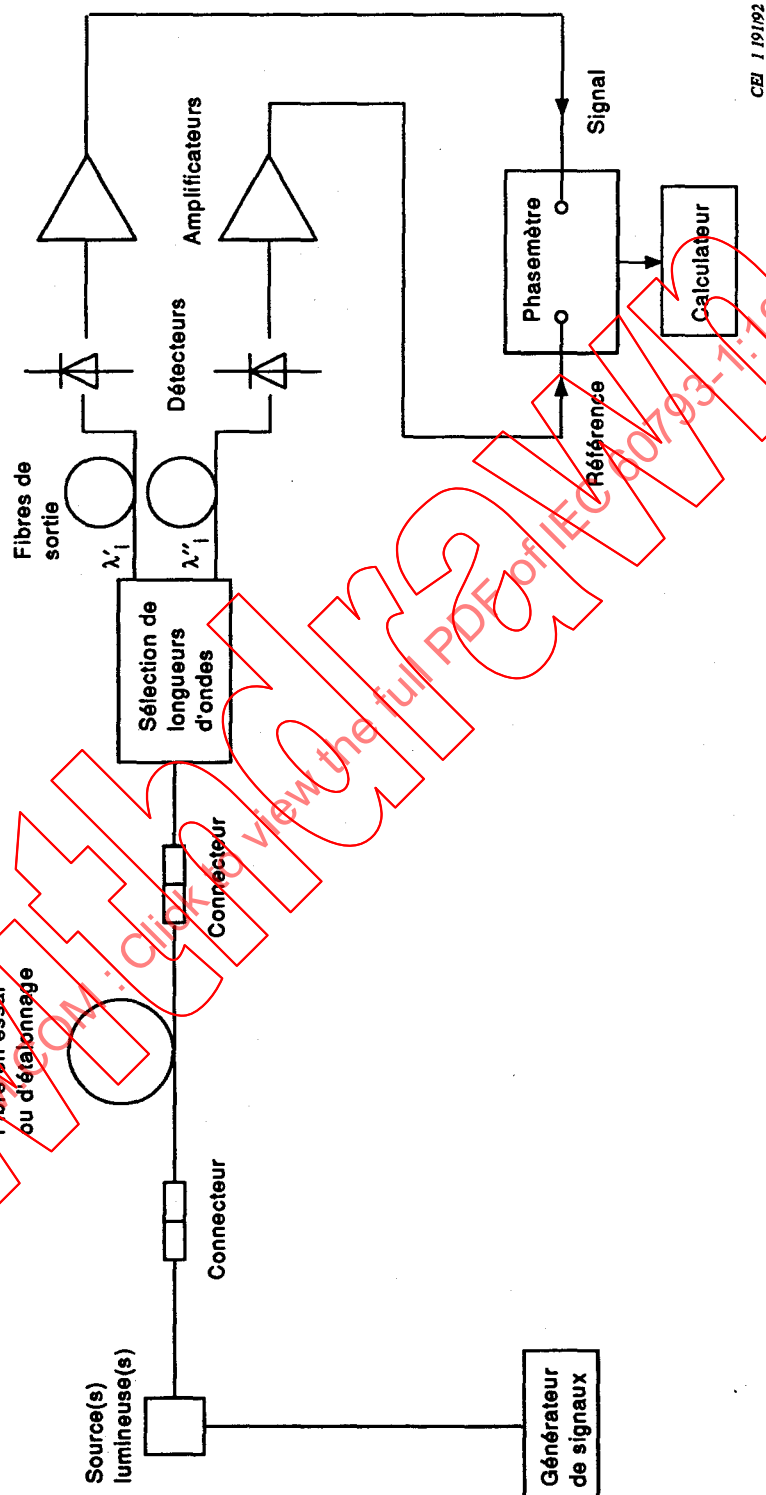
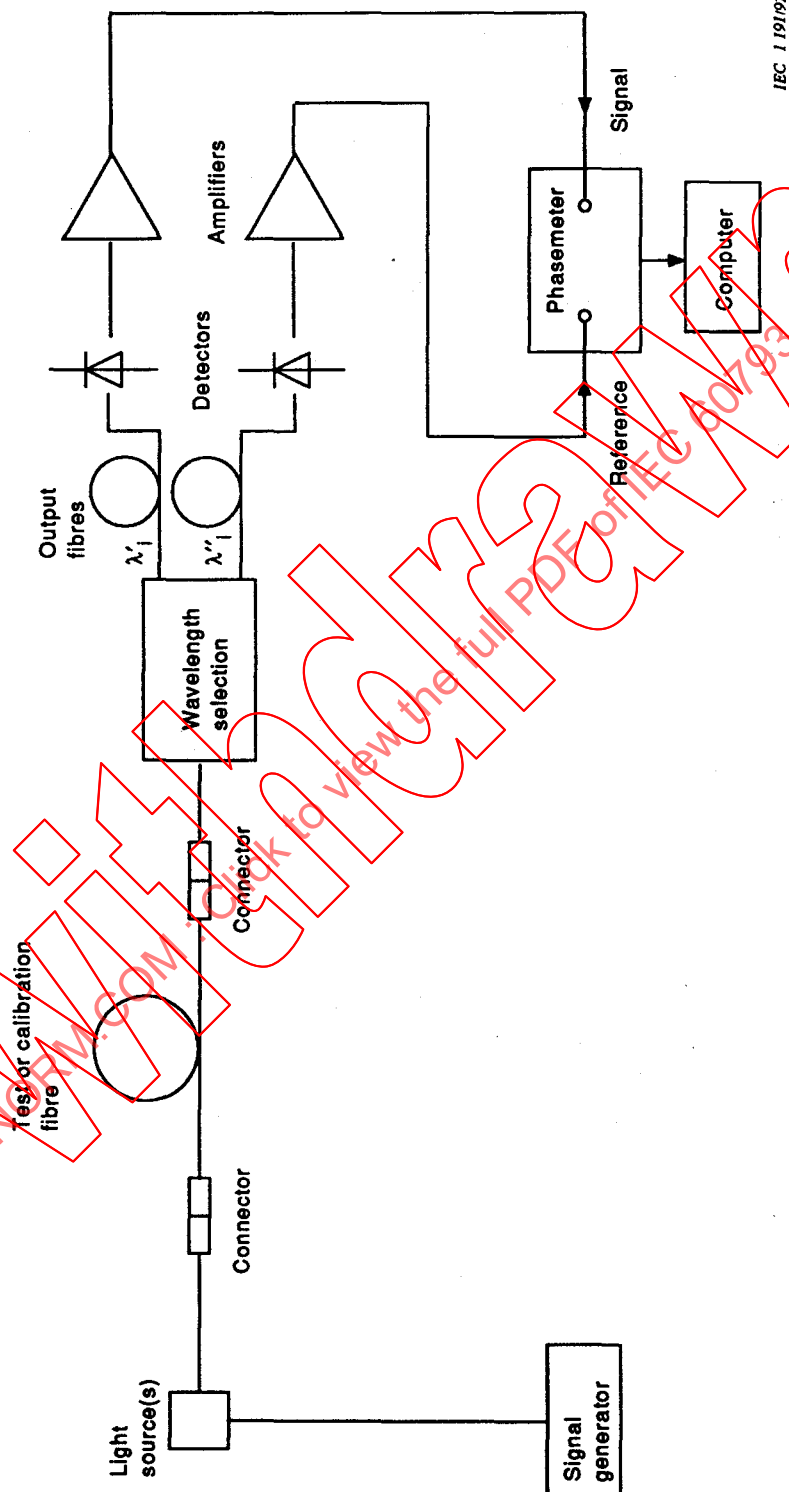
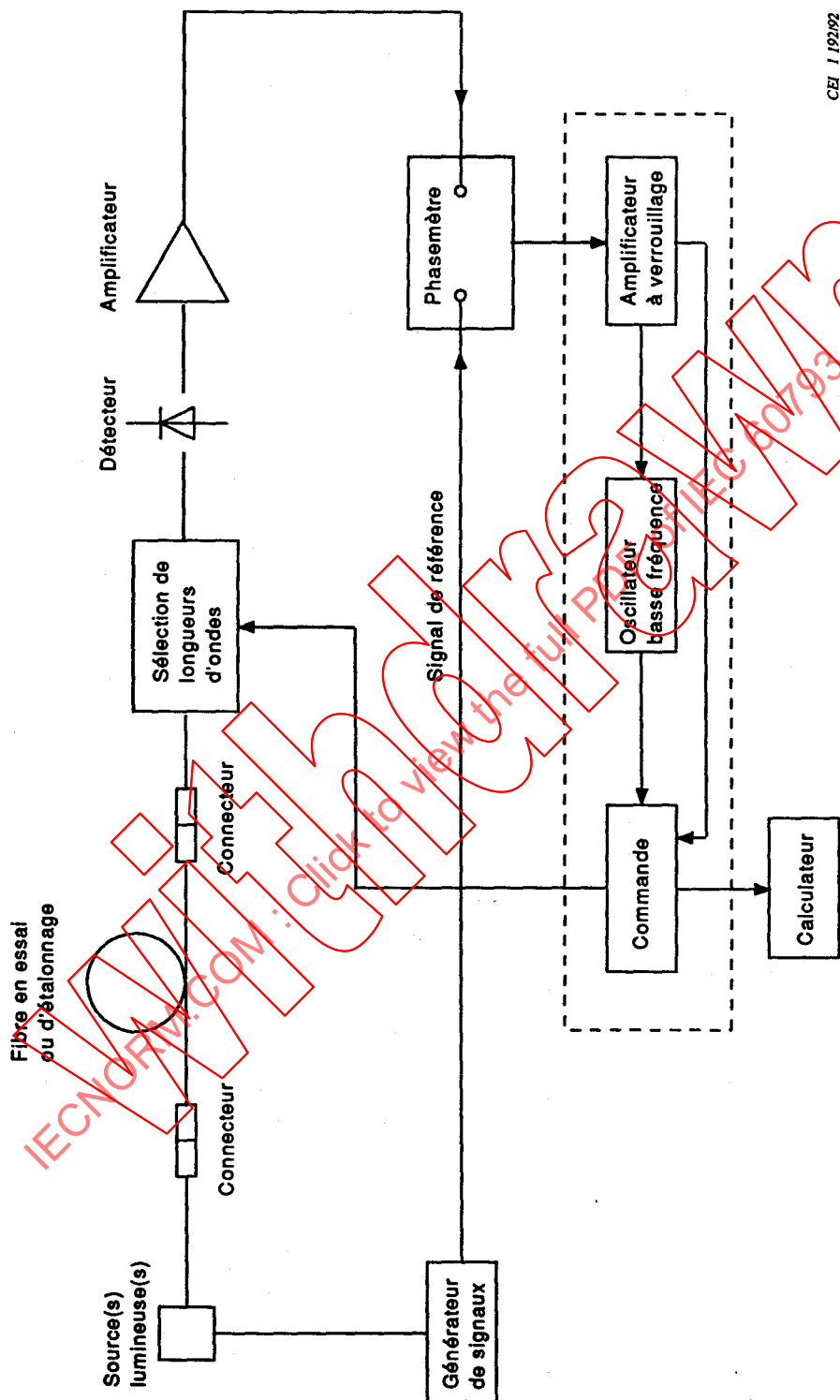


Figure 40 – Montage d'essai de dispersion chromatique de fibres –
Phase différentielle par la méthode à double longueur d'onde



IEC 1191/92

Figure 40 – Fibre chromatic dispersion test set –
Differential phase by dual wavelength method



CEI 1 192192

Figure 41 – Montage d'essai de dispersion chromatique de fibres –
Phase différentielle par double démodulation

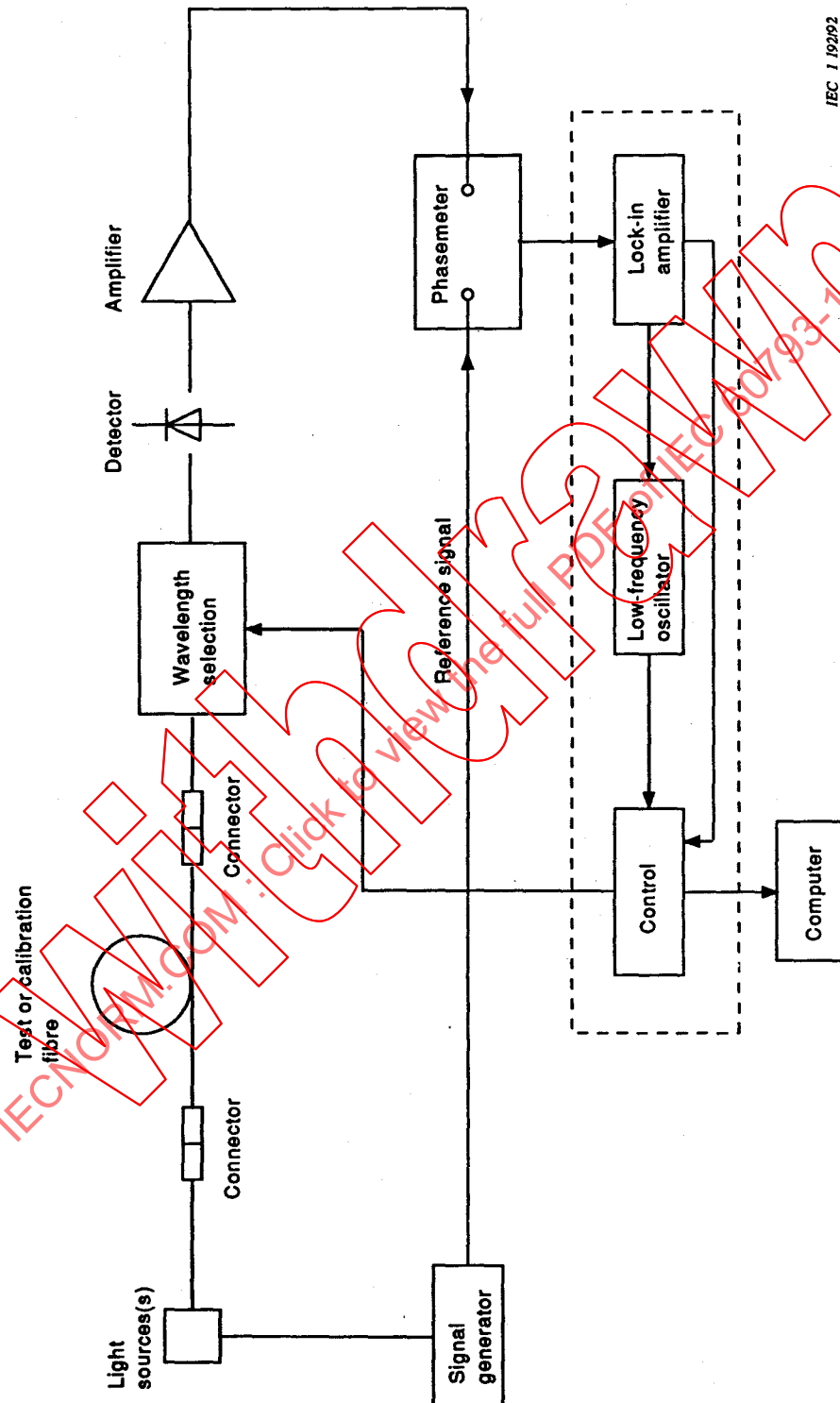


Figure 41 – Fibre chromatic dispersion test set –
Differential phase by double demodulation

4.18 Mesures de la dispersion chromatique

4.18.1 Fibres multimodales A1 et unimodales B1

Le présent article décrit l'approximation numérique susceptible d'être d'appliquée aux valeurs du temps de propagation de groupe spectral normalisées $\tau(\lambda)$. Elle s'applique aux fibres multimodales de catégorie A1, et aux fibres unimodales de catégorie B1, autour de 1 300 nm.

4.18.1.1 L'équation numérique des valeurs du temps de propagation est la suivante:

$$\tau(\lambda) = A + B\lambda^2 + C\lambda^{-2} \quad (1a)$$

où A, B et C sont les paramètres de réglage.

La relation suivante est une forme équivalente:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + \frac{S_0}{8} (\lambda - \lambda_0^2/\lambda)^2 \quad (1b)$$

où

τ_0 est le temps de propagation minimal à la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 , et S_0 est la pente de dispersion à cette longueur d'onde.

4.18.1.2 La dispersion chromatique est $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$. Pour les équations (1a) et (1b), les dispersions chromatiques sont respectivement données par les relations:

$$D(\lambda) = 2(B\lambda - C\lambda^{-3}) \quad (2a)$$

$$= \frac{S_0}{4} \lambda (1 - \lambda_0^4/\lambda^4) \quad (2b)$$

4.18.1.3 La longueur d'onde de dispersion nulle, représentée par λ_0 , est définie comme suit:

$$\lambda_0 = \left(\frac{C}{B} \right)^{1/4}$$

lorsque le temps de propagation est exprimé conformément à l'équation (1a).

4.18.1.4 La pente de dispersion, représentée par $S(\lambda)$, est définie comme suit:

$$S(\lambda) = \frac{dD}{d\lambda}$$

A la longueur de dispersion nulle λ_0 , la pente de dispersion est représentée par S_0 , et elle est définie par la relation suivante:

$$S_0 = S(\lambda_0) = 8 B$$

lorsqu'on utilise la représentation de la dispersion de l'équation (2a).

4.18 Chromatic dispersion measurements

4.18.1 A1 multimode and B1 single-mode fibres

This clause describes the numerical fit that can be applied to the normalized spectral group delay data. It applies to category A1 multimode fibres, and to category B1 single-mode fibres around 1 300 nm.

4.18.1.1 The delay data fit is:

$$\tau(\lambda) = A + B\lambda^2 + C\lambda^{-2} \quad (1a)$$

where A, B, C are fit parameters.

An equivalent form is:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + \frac{S_0}{8} (\lambda - \lambda_0^2/\lambda)^2 \quad (1b)$$

where

τ_0 is the relative delay minimum at the zero-dispersion wavelength, and
 S_0 is the dispersion-slope there.

4.18.1.2 The chromatic dispersion is $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$. For the fits (1a) and (1b), these are respectively:

$$D(\lambda) = 2(B\lambda - C\lambda^{-3}) \quad (2a)$$

$$= \frac{S_0}{4} \lambda (1 - \lambda_0^4/\lambda^4) \quad (2b)$$

4.18.1.3 The zero-dispersion wavelength, represented as λ_0 , is defined as:

$$\lambda_0 = \left(\frac{C}{B} \right)^{1/4}$$

when the delay data is expressed according to equation (1a).

4.18.1.4 The dispersion-slope, represented as $S(\lambda)$, is defined as:

$$S(\lambda) = \frac{dD}{d\lambda}$$

At the zero-dispersion wavelength, λ_0 , the dispersion slope is represented as S_0 , and is defined as:

$$S_0 = S(\lambda_0) = 8 B$$

when using the dispersion representation of equation (2a).

4.18.2 Fibres de catégorie B2

4.18.2.1 Ce paragraphe décrit l'ajustement numérique qui peut être appliqué aux données de temps de propagation de groupe spectral normées $\tau(\lambda)$. Elle s'applique aux fibres unimodales de catégorie B2.

4.18.2.2 Le temps de propagation de groupe mesuré par unité de longueur de fibre en fonction de la longueur d'onde doit être ajusté par l'expression quadratique suivante:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + (S_0/2) \cdot (\lambda - \lambda_0)^2$$

où τ_0 est le temps de propagation relatif minimal pour la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 .

4.18.2.3 Le coefficient de dispersion chromatique $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$ peut être déterminé à partir de l'expression quadratique dérivée:

$$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) \cdot S_0$$

où S_0 est la pente à dispersion nulle, c'est-à-dire la valeur de la pente de dispersion $S(\lambda) = dD/d\lambda$ pour λ_0 .

NOTES

1 Ces équations pour $\tau(\lambda)$ et $D(\lambda)$ sont suffisamment précises sur la plage allant de 1 500 nm à 1 600 nm. Elles ne sont pas destinées à être utilisées dans la zone 1 300 nm.

2 Une autre solution consiste à mesurer directement le coefficient de dispersion chromatique, par exemple par la méthode de déphasage différentiel. Dans ce cas, une ligne droite peut être appliquée directement au coefficient de dispersion pour déterminer λ_0 et S_0 .

4.18.3 Fibres de catégorie B3

4.18.3.1 Ce paragraphe décrit l'ajustement numérique qui peut être appliqué aux données de temps de propagation de groupe spectral normées $\tau(\lambda)$. Elle s'applique aux fibres unimodales de catégorie B3.

4.18.3.2 L'ajustement à cinq termes des données du temps de propagation de groupe est le suivant:

$$\tau(\lambda) = A + B \cdot \lambda^2 + C \cdot \lambda^{-2} + D \cdot \lambda^4 + E \cdot \lambda^{-4}$$

où $\tau(\lambda)$ est le temps de propagation de groupe relatif en fonction de la longueur d'onde et A à E sont les coefficients d'ajustement.

NOTE - Les recherches ont démontré que dans la pratique, le coefficient d'ajustement E doit être faible sur la plage de longueur d'onde 1 200 nm à 1 600 nm. Par conséquent, il est également possible d'utiliser un ajustement simplifié à quatre termes:

$$\tau(\lambda) = A + B \cdot \lambda^2 + C \cdot \lambda^{-2} + D \cdot \lambda^4$$

4.18.3.3 La dispersion chromatique est obtenue par:

$$D(\lambda) = d\tau/d\lambda = 2B \cdot \lambda - 2C \cdot \lambda^{-3} + 4D \cdot \lambda^3 - 4E \cdot \lambda^{-5}$$

4.18.2 Category B2 fibres

4.18.2.1 This subclause describes the numerical fit that can be applied to the normalized spectral group delay data $\tau(\lambda)$. It applies to category B2 single-mode fibres.

4.18.2.2 The measured group delay per unit fibre length versus wavelength shall be fitted by the quadratic expression:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + (S_0/2) \cdot (\lambda - \lambda_0)^2$$

where τ_0 is the relative delay minimum at the zero-dispersion wavelength λ_0 .

4.18.2.3 The chromatic dispersion coefficient $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$ can be determined from the differentiated quadratic expression:

$$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) \cdot S_0$$

where S_0 is the zero-dispersion slope, i.e., the value of the dispersion slope $S(\lambda) = dD/d\lambda$ at λ_0 .

NOTES

1 These equations for $\tau(\lambda)$ and $D(\lambda)$ are sufficiently accurate over the 1 500 nm to 1 600 nm range. They are not meant to be used in the 1 300 nm region.

2 Alternatively, the chromatic dispersion coefficient can be measured directly, for example by the differential phase shift method. In this case, a straight line shall be fitted directly to the dispersion coefficient for determining λ_0 and S_0 .

4.18.3 Category B3 fibres

4.18.3.1 This subclause describes the numerical fit that can be applied to the normalized spectral group delay data $\tau(\lambda)$. It applies to category B3 single-mode fibres.

4.18.3.2 The five term delay data fit is:

$$\tau(\lambda) = A + B \cdot \lambda^2 + C \cdot \lambda^{-2} + D \cdot \lambda^4 + E \cdot \lambda^{-4}$$

where $\tau(\lambda)$ is the relative group delay versus wavelength and A to E are fit coefficients.

NOTE - Investigations have shown that in practice the fit coefficient E will be small over the wavelength range 1 200 nm to 1 600 nm. Therefore also a simplified four term fit can be used:

$$\tau(\lambda) = A + B \cdot \lambda^2 + C \cdot \lambda^{-2} + D \cdot \lambda^4$$

4.18.3.3 The chromatic dispersion is obtained by:

$$D(\lambda) = d\tau/d\lambda = 2B \cdot \lambda - 2C \cdot \lambda^{-3} + 4D \cdot \lambda^3 - 4E \cdot \lambda^{-5}$$

Pour l'ajustement simplifié à quatre termes:

$$D(\lambda) = 2B \cdot \lambda - 2C \cdot \lambda^{-3} + 4D \cdot \lambda^3$$

NOTE - Ces équations sont suffisamment précises sur la plage allant de 1 200 nm à 1 600 nm.

4.19 Ouverture numérique – Répartition de la lumière en champ lointain

4.19.1 Définitions opérationnelles – Ouverture numérique

L'ouverture numérique (ON) d'une fibre multimodale à gradient d'indice est un paramètre important qui décrit la capacité de la fibre à capter la lumière. Il est utilisé pour prévoir l'efficacité de l'injection, les pertes aux épissures et la tenue aux microcourbures et à la courbure.

L'ON théorique maximale d'une fibre multimodale à gradient d'indice est définie selon:

$$ON_{th} = \sin \theta_m$$

où θ_m est le plus grand angle du rayon méridien pouvant être guidé par la fibre. En terme de profil d'indice de la fibre:

$$ON_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

ou

$$ON_{th} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

ou

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{pour } \Delta \ll 1$$

n_1 est l'indice de réfraction maximal du coeur et n_2 est l'indice de réfraction de la gaine optique.

L'ON peut être déterminée à partir du diagramme de rayonnement en champ lointain mesuré sur une courte longueur de fibre ou à partir du profil d'indice de la fibre. En utilisant la méthode du champ lointain, on obtient le diagramme de l'intensité énergétique d'une fibre $I(\theta)$ et l' ON_{ff} est définie comme le sinus du demi-angle où cette intensité correspond à 5 % de sa valeur maximale.

La relation entre l'ouverture numérique en champ lointain, ON_{ff} , et l'ouverture numérique théorique maximale, ON_{th} , dépend également de la longueur d'onde utilisée lors des mesures en champ lointain et du profil d'indice. Le plus souvent, les mesures en champ lointain sont effectuées à 850 nm, tandis que les mesures du profil d'indice sont effectuées à 540 nm ou 633 nm. Pour ces longueurs d'onde, la relation entre ON_{ff} et ON_{th} est donnée par

$$ON_{ff} = k ON_{th} \quad (1)$$

cù $k = 0,95$ si la mesure est faite à 540 nm et $k = 0,96$ si cette mesure est faite à 633 nm.

ON_{ff} à 850 nm sera l'ouverture numérique de la fibre. On peut obtenir directement cette valeur à partir d'une mesure en champ lointain à 850 nm ou, utilisant l'équation (1), indirectement à partir de la mesure du profil.

For the simplified four term fit:

$$D(\lambda) = 2B \cdot \lambda - 2C \cdot \lambda^{-3} + 4D \cdot \lambda^3$$

NOTE - These equations are sufficiently accurate over the 1 200 nm to 1 600 nm.

4.19 Method IEC 793-1-C6 – Numerical aperture – far field light distribution

4.19.1 Operational definitions – Numerical aperture

The numerical aperture (NA) of a graded index multimode fibre is an important parameter that describes a fibre's light gathering ability. It is used to predict launching efficiency, joint loss at splices, and micro/macrobending performance.

The maximum theoretical NA of a graded index multimode fibre is defined as:

$$NA_{th} = \sin \theta_m$$

where θ_m is the largest meridional ray angle that will be guided by the fibre. In terms of the fibre's index profile:

$$NA_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

or

$$NA_{th} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

where

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{for } \Delta \ll 1$$

n_1 is the maximum refractive index of the core and n_2 is the refractive index of the cladding.

NA can be determined from a far field radiation pattern measurement on a short length of fibre or from a measurement of a fibre's refractive index profile. Using the far field method, the intensity pattern, $I(\theta)$, of a fibre is acquired and the NA_{ff} is defined as the sine of the half-angle where the intensity has decreased to 5 % of its maximum value.

The relationship between the far field numerical aperture, NA_{ff} , and the maximum theoretical numerical aperture, NA_{th} , is also dependent upon the measurement wavelength of the far field and profile measurements. Most far field measurements are made at 850 nm whereas profile measurements are commonly made at 540 nm or 633 nm. For these wavelengths, the relationship between NA_{ff} and NA_{th} is given by:

$$NA_{ff} = k NA_{th} \quad (1).$$

where $k = 0,95$ when the profile measurement is made at 540 nm and $k = 0,96$ when the measurement is made at 633 nm.

NA_{ff} at 850 nm shall be reported as the fibre's numerical aperture. This value may be obtained directly from a far field measurement at 850 nm or, using equation (1), indirectly from a profile measurement.

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

Cette procédure d'essai décrit une méthode de mesure de la distribution angulaire de l'intensité énergétique. L'ouverture numérique d'une fibre optique multimodale peut être calculée à partir des résultats de cette mesure en utilisant l'équation donnant ON_{ff} dans le 4.19.1.

4.19.2.1 Appareillage – Dispositif d'injection

4.19.2.1.1 Source de lumière

Une source de lumière incohérente doit être utilisée de manière à obtenir sur toute la surface de l'extrémité de l'échantillon une radiance sensiblement constante (variation de moins de 10% en intensité). Elle doit être stable en intensité énergétique et en position dans un intervalle de temps suffisant pour effectuer la mesure.

4.19.2.1.2 Optique d'entrée

Un système de composants optiques doit être utilisé pour créer une tache monochromatique (largeur totale à mi-hauteur du maximum d'amplitude < 100 nm) et de luminance sensiblement constante, d'un diamètre supérieur à celui de l'extrémité de l'échantillon à mesurer et d'ouverture numérique supérieure à celle de cet échantillon. Sauf spécification contraire, la longueur d'onde centrale doit être de $850 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$. Un moyen de vérifier l'alignement de l'extrémité devra être utilisé. On doit utiliser des filtres optiques pour limiter la largeur spectrale de la source.

4.19.2.1.3 Support de l'extrémité de la fibre et alignement

Un moyen de maintenir l'extrémité d'entrée de l'échantillon à mesurer doit être tel qu'il permette un positionnement stable et reproductible sans introduire de déformation significative de la fibre. Des dispositifs appropriés doivent être utilisés pour aligner la face d'entrée à la lumière injectée.

4.19.2.1.4 Extracteur de modes de gaine

Des moyens appropriés doivent permettre d'éliminer la transmission de lumière dans la gaine de l'échantillon à mesurer. Souvent, le revêtement de la fibre est suffisant pour jouer ce rôle. Autrement, il sera nécessaire d'utiliser un supprimeur de modes de gaine aux deux extrémités de l'échantillon.

4.19.2.2 Appareillage - Dispositif de sortie et détection

Trois méthodes équivalentes peuvent être utilisées pour détecter la distribution (en champ lointain) angulaire de l'intensité énergétique issue de l'échantillon à mesurer. Les méthodes A et B sont des balayages angulaires de diagramme en champ lointain, la méthode C consiste en un balayage de la transformée spatiale du diagramme angulaire de l'intensité (un détecteur à balayage de petite ou de grande surface peut être utilisé).

4.19.2.2.1 Balayage angulaire, méthode A (voir figure 42A)

4.19.2.2.1.1 Support de l'extrémité de sortie de la fibre et alignement

Un dispositif de support et d'alignement de l'extrémité de sortie de l'échantillon à mesurer doit être utilisé de telle sorte que la face de sortie de la fibre soit sur l'axe de rotation du détecteur optique et que l'axe de la fibre soit concourant avec cet axe de rotation.

4.19.2 Method IEC 793-1-C6 – Far field light distribution

This test procedure describes a method for measuring the angular radiant intensity (far field) distribution from an optical fibre. The numerical aperture of a multimode optical fibre can be calculated from the results of this measurement using the equation for NA_{ff} described in 4.19.1.

4.19.2.1 Apparatus – Input system

4.19.2.1.1 Light source

An incoherent light source capable of producing an area of substantially constant radiance (variations of less than 10 % in intensity) on the endface of the test sample shall be used. It shall be stable in intensity and position over a time interval sufficient to perform the measurement.

4.19.2.1.2 Input optics

A system of optical components shall be used to create a monochromatic (< 100 nm full width half maximum) substantially constant radiance spot larger in diameter than the endface of the test sample and with a numerical aperture greater than that of the test sample. Unless otherwise specified, the center wavelength shall be $850 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$. A means of verifying the alignment of the endface shall be provided. Optical filters may be used to limit the spectral width of the source.

4.19.2.1.3 Fibre input end support and alignment

A means of supporting the input end of the test sample shall be arranged to allow stable and repeatable positioning without introducing significant fibre deformation. Suitable means shall be provided to align the input endface with respect to the launch radiation.

4.19.2.1.4 Cladding mode stripper

Means shall be provided to remove cladding light from the test sample. Often the fibre coating is sufficient to perform this function. Otherwise, it will be necessary to use cladding mode strippers near both ends of the test sample.

4.19.2.2 Apparatus – Output system and detection

Three equivalent methods may be used to detect the angular radiant intensity (far field) distribution from the test sample. Methods A and B are angular scans of the far field pattern; method C is a scan of the spatial transform of the angular intensity pattern. (A scanning small or large area detector may be used).

4.19.2.2.1 Angular scan, method A (see figure 42A)

4.19.2.2.1.1 Fibre output end support and alignment

A means of supporting and aligning the output end of the test sample shall be used which allows alignment of the endface normal to and coincident with the axis of rotation of the optical detector.

Par exemple, un vé à succion monté sur un positionneur micrométrique X-Y-Z, avec un microscope permettant d'aligner l'extrémité de la fibre conviendrait. Sont donnés à titre d'exemple un goniomètre ou une platine de rotation entraînée par un moteur pas-à-pas.

4.19.2.2.1.2 Mécanique du dispositif de détection

Des dispositifs appropriés pour la rotation du détecteur optique doivent être utilisés de telle sorte que le détecteur décrive un arc suffisant pour couvrir pratiquement l'angle de rayonnement issu de l'échantillon en essai (par exemple, un goniomètre calibré). L'axe de rotation du mécanisme doit coïncider avec l'extrémité de l'échantillon en essai et le plan de rotation du mécanisme doit être parallèle à l'axe de l'échantillon. La position angulaire relative du détecteur par rapport à l'axe de l'échantillon en essai doit pouvoir être enregistrée.

4.19.2.2.2 Balayage angulaire, méthode B (voir figure 42B)

L'échantillon en essai doit être maintenu de telle sorte que la face de sortie du détecteur soit sur l'axe de rotation de la fibre optique et que l'axe du détecteur soit concourant avec l'axe de rotation. Ce mécanisme (par exemple goniomètre ou platine de rotation de précision) doit décrire un arc suffisant de telle sorte que tout le rayonnement issu de la sortie de l'échantillon en essai balaye le détecteur fixe. C'est-à-dire que l'angle de rotation doit être supérieur à l'angle total du rayonnement à la sortie de l'échantillon en essai. L'angle entre l'axe de l'échantillon et la ligne joignant le détecteur et la face de sortie de l'échantillon doit être enregistré.

4.19.2.2.3 Balayage du diagramme du champ spatial, méthode C (voir figure 42C)

4.19.2.2.3.1 Support de l'extrémité de la fibre

Un dispositif approprié maintenant et alignant l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai et permettant un positionnement stable et reproductible doit être utilisé.

4.19.2.2.3.2 Transformation en champ lointain et projection

Une représentation spatiale du champ lointain de l'échantillon en essai doit être effectuée à l'aide de dispositifs appropriés, par exemple en utilisant un objectif de microscope ou d'autres objectifs bien corrigés pour obtenir la transformée de Fourier du diagramme de sortie de la fibre en champ proche.

Ce diagramme ou son image doit être analysé à l'aide d'un détecteur diaphragmé de façon à enregistrer l'intensité énergétique du champ lointain. Le diamètre du diaphragme doit être inférieur ou égal à la moitié de la limite de diffraction du système:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D}$$

où

d est le diamètre du diaphragme (μm)

λ est la longueur d'onde issue de la fibre (nm)

f est la distance focale de l'objectif de transformation (mm)

D est le diamètre du coeur de la fibre (μm)

M est le grandissement du plan focal arrière de l'objectif de transformation au plan d'analyse.

For example a vacuum chuck mounted on X-Y-Z micropositioners, with a microscope fixture for aligning the fibre end would be suitable. Examples include a goniometer or stepper-motor driven rotational stage.

4.19.2.2.1.2 *Detection system mechanics*

Suitable means for rotation of the optical detector shall be employed that allows the detector to scan an arc sufficient to detect essentially all output radiation from the test sample. (For example, a calibrated goniometer). The axis of rotation of this mechanism shall coincide with the endface of the specimen and the rotation plane of this mechanism shall be parallel to the axis of the specimen. Means shall be provided for recording the relative angular position of the detector with respect to the test sample output axis.

4.19.2.2.2 *Angular scan, method B (see figure 42B)*

A means of supporting the test sample shall be employed such that the output endface is perpendicular to and coincident with the axis of rotation of the test sample. This mechanism (e.g. goniometer or precision rotating stage) shall rotate sufficiently to allow all test sample output radiation in the plane of rotation to sweep past the fixed detector. That is, the rotation shall be greater than the total angle of the test sample output radiation. Means shall be provided to record the included angle formed by the specimen axis and the imaginary line between the detector and specimen endface.

4.19.2.2.3 *Scan of the spatial field pattern, method C (see figure 42C)*

4.19.2.2.3.1 *Fibre output end support apparatus*

A means of supporting and aligning the test sample output end shall be provided which allows stable and repeatable positioning.

4.19.2.2.3.2 *Far field transformation and projection*

A spatial representation of the far field of the test sample shall be created by suitable means, for example, by using a microscope objective or other well-corrected lens to obtain the Fourier transform of the fibre output near field pattern.

This pattern or its image shall be scanned with respect to a pinhole aperture and detector so as to enable the far field intensity to be recorded. The size of the pinhole aperture shall be less than or equal to one-half the diffraction limit of the system:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D}$$

where

d is the diameter of the pinhole (μm).

λ is the spectral wavelength emitted from the fibre (nm).

f is the focal length of the transform lens (mm).

D is the fibre core diameter (μm).

M is the magnification from the back focal plane of the transforming lens to the scanning plane.

4.19.2.2.3.3 Dispositif d'analyse

Une méthode d'analyse du diagramme en champ lointain en fonction du détecteur diaphragmé doit être utilisée.

4.19.2.2.3.4 Calibrage de dispositif

Un calibrage doit être fait dans le but de mesurer le facteur de conversion donnant le déplacement du dispositif d'analyse en fonction du déplacement réel du balayage dans le plan focal arrière de l'objectif de transformation en champ lointain. Une mire calibrée, soigneusement placée dans le plan focal arrière de L_1 peut être utilisée à cet effet.

En outre, la relation entre la position de l'analyseur dans le plan de transformation spatiale (le plan focal arrière de L_1 dans la figure 42C) et l'angle d'émission (θ) par rapport à l'axe de sortie de l'échantillon doit être déterminée selon:

$$y = f \sin \theta$$

où

y est la distance de l'axe d'optique au plan de transformation spatiale,

f est la distance focale de l'objectif de transformation L_1 ,

θ est l'angle par rapport à l'axe optique

4.19.2.2.3.5 Système d'enregistrement

Un dispositif approprié doit permettre d'enregistrer $E(y)$ l'intensité énergétique détectée en fonction de la position y de l'analyseur, et d'effectuer la correction de l'intensité énergétique détectée par:

$$I(\theta) = E(y) / \cos \theta$$

où

$I(\theta)$ est la distribution de l'intensité énergétique angulaire détectée par l'analyseur angulaire,

y est la distance du détecteur diaphragmé à l'axe optique,

$E(y)$ est la radiance à la distance y de l'axe optique,

θ est l'angle par rapport à l'axe de l'échantillon.

4.19.2.2.4 Détecteur optique

Il doit être utilisé un détecteur d'une linéarité meilleure que 5 % dans l'intervalle de mesure des intensités énergétiques rencontrées. Un diaphragme peut être utilisé pour restreindre la taille effective du détecteur dans le but d'améliorer la résolution. Le détecteur ou le diamètre du diaphragme peuvent être déterminés à partir de la résolution angulaire désirée selon la formule:

$$D = \frac{\theta R}{0,006}$$

où

D est le diamètre de l'ouverture du détecteur en micromètres,

θ est la résolution angulaire désirée en degrés,

R est la distance de l'extrémité de sortie de l'échantillon au détecteur ou au diaphragme, en centimètres.

4.19.2.2.3.3 Scanning system

A method of scanning the far field pattern with respect to the pinhole aperture and detector shall be provided.

4.19.2.2.3.4 System calibration

A calibration shall be performed to measure the conversion factor that relates the distance of movement of the scanning system to the actual distance scanned in the back focal plane of the far field transforming lens. A pattern of known dimensions, carefully placed in the back focal plane L_1 can be used for this purpose.

In addition, the factor that relates scan position in the spatial transformation plane (the back focal plane of L_1 in figure 42C) to emission angle (θ) with respect to the specimen output end axis shall be determined as:

$$y = f \sin \theta$$

where

y is the distance from the central axis to the spatial plane,

f is the focal length of the transform lens, L_1 ,

θ is the angle with respect to the optical axis.

4.19.2.2.3.5 Recording system

Means shall be provided to record $E(y)$, the detected intensity as a function of the scan position y , and to correct the detected intensity as follows:

$$I(\theta) = E(y) / \cos \theta$$

where

$I(\theta)$ is the angular intensity distribution as detected by angular scan lens,

y is the distance from the axis of the spatial field pattern,

$E(y)$ is the irradiance at distance y from the axis of the spatial pattern,

θ is the angle with respect to the axis of the specimen output.

4.19.2.2.4 Optical detector

A detector that is linear within 5 % over the range of intensity encountered shall be used. A pinhole aperture may be used to restrict the effective size of the detector in order to achieve increased resolution. The detector or aperture size can be determined according to the angular resolution that is desired for the apparatus according to the formula:

$$D = \frac{\theta R}{0,006}$$

where

D is the detector aperture diameter in micrometres,

θ is the desired angular resolution in degrees,

R is the distance from the sample output endface to the detector or aperture, in centimetres.

Une résolution $\leq 0,5^\circ$ est habituellement utilisée. R doit aussi satisfaire aux prescriptions de champ lointain:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (R \text{ en millimètres})$$

où

d est le diamètre de la région émettrice de l'échantillon en essai, en micromètres,

λ est la longueur d'onde centrale de la source optique en nanomètres.

Le diamètre approprié du diaphragme ou du détecteur pour la méthode C est donné en 4.19.2.2.3.2.

4.19.2.3 *Echantillon en essai*

L'échantillon en essai d'une longueur de $2,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ doit être représentatif de la fibre. Les extrémités de l'échantillon en essai doivent être lisses, planes et perpendiculaires à l'axe de la fibre. La précision de ces mesures est affectée par la non-perpendicularité de la face de sortie. Des angles d'extrémité inférieurs à 2° sont recommandés.

4.19.2.4 *Procédure de mesure*

4.19.2.4.1 Placer les extrémités de l'échantillon dans les supports. La face d'entrée de l'échantillon sera approximativement au centre de la tâche image à luminance constante.

4.19.2.4.2 Régler la source optique à la longueur d'onde et à la largeur spectrale voulues.

4.19.2.4.3 Analyser le diagramme de rayonnement en champ lointain le long d'un diamètre et enregistrer l'intensité énergétique en fonction de la position angulaire.

4.19.2.5 *Calculs*

4.19.2.5.1 *Angle de l'intensité à 5 % (θ_5)*

Le diagramme analysé doit être normalisé par rapport à la valeur de crête. Les points du diagramme pour lesquels l'intensité est de 5 % du maximum doivent être relevés. Le demi-angle entre ces deux points doit être enregistré comme étant θ_5 .

4.19.2.5.2 *Ouverture numérique (ON_{ff})*

L'ouverture numérique en champ lointain peut être calculée en utilisant la formule:

$$ON_{ff} = \sin \theta_5$$

4.19.2.6 *Documents*

4.19.2.6.1 Les informations suivantes doivent être indiquées:

- Date de la mesure.
- Identification de l'échantillon mesuré.
- Résultats de mesures obtenus selon le 4.19.2.5.
- Longueur d'onde de la source si elle est différente de 850 nm.
- Humidité relative et température ambiante.

A resolution of $\leq 0,5^\circ$ is typically used. R shall also meet the far field requirement:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (R \text{ in millimetres})$$

where

d is the diameter of the emitting region of the test sample, in micrometres,

λ is the center wavelength of the optical source in nanometres.

Appropriate detector or aperture size for Method C is given in clause 4.19.2.2.3.2.

4.19.2.3 Test sample

The test sample shall be a representative sample of fibre $2,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ in length. The ends of the test sample shall be prepared smooth, flat and perpendicular to the fibre axis. The accuracy of these measurements is affected by a non-perpendicular endface. End angles less than 2° are recommended.

4.19.2.4 Test procedure

4.19.2.4.1 Place the test sample ends in the support devices. The input end shall be approximately at the center of the input plane of the focused image of the constant radiance spot.

4.19.2.4.2 Set the optical source to the desired wavelength and spectral width.

4.19.2.4.3 Scan the far field radiation pattern along a diameter and record intensity versus angular position.

4.19.2.5 Calculations

4.19.2.5.1 Five percent intensity angle, (θ_5)

The scanned pattern shall be normalized to the peak intensity. The points on the pattern at which the intensity is 5 % of the maximum shall be noted. Half the angle between these points shall be recorded as θ_5 .

4.19.2.5.2 Numerical aperture (NA_{ff})

The far field numerical aperture may be calculated using the following formula:

$$NA_{ff} = \sin \theta_5$$

4.19.2.6 Documentation

4.19.2.6.1 The following information shall be reported:

- Test date.
- Test sample identification.
- Test results obtained in clause 4.19.2.5.
- Source wavelength, if other than 850 nm.
- Relative humidity and ambient temperature.

4.19.2.6.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- Longueur d'onde centrale et largeur spectrale des filtres interférentiels s'ils sont utilisés.
- La calibration du dispositif de détection et la résolution angulaire.
- Dimension et ouverture numérique de la tache lumineuse émise.
- Méthode de suppression des modes de gaine.
- Méthode de balayage utilisée selon le 4.19.2.2.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1992

Withdrawn

4.19.2.6.2 The following information shall be available:

- Centre wavelength and spectral width of interference filters, if used.
- Detection system calibration and angular resolution.
- Size and numerical aperture of launch spot.
- Method of stripping cladding modes.
- Scanning method used in 4.19.2.2.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1992

Withdr2Wm

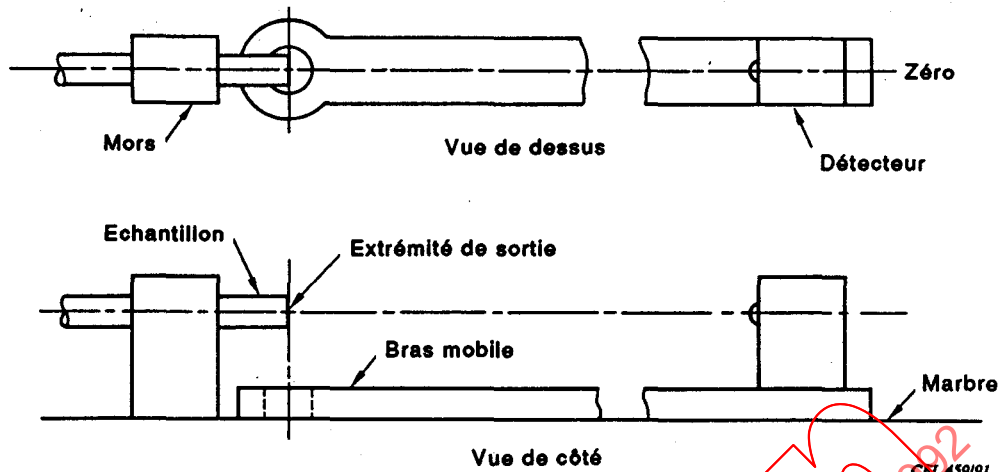


Figure 42A – Méthode A

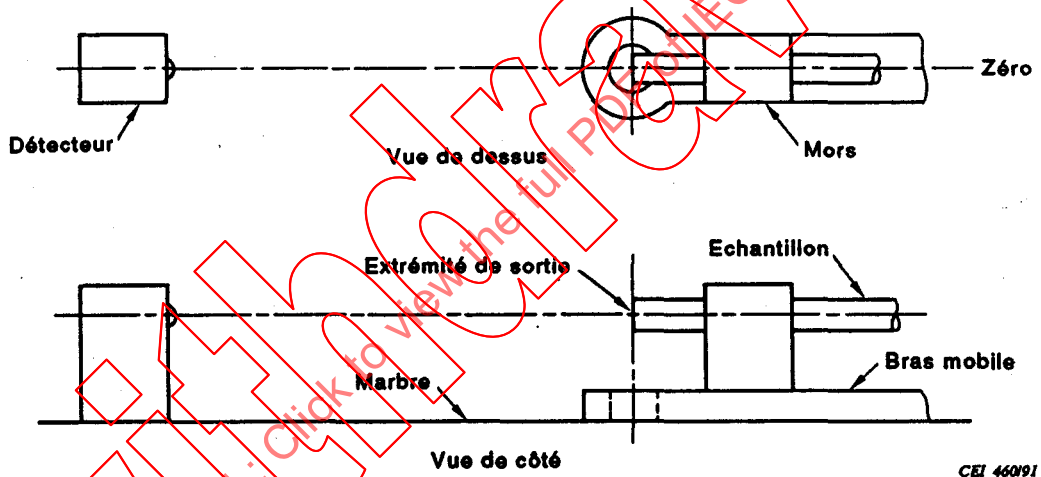


Figure 42B – Méthode B

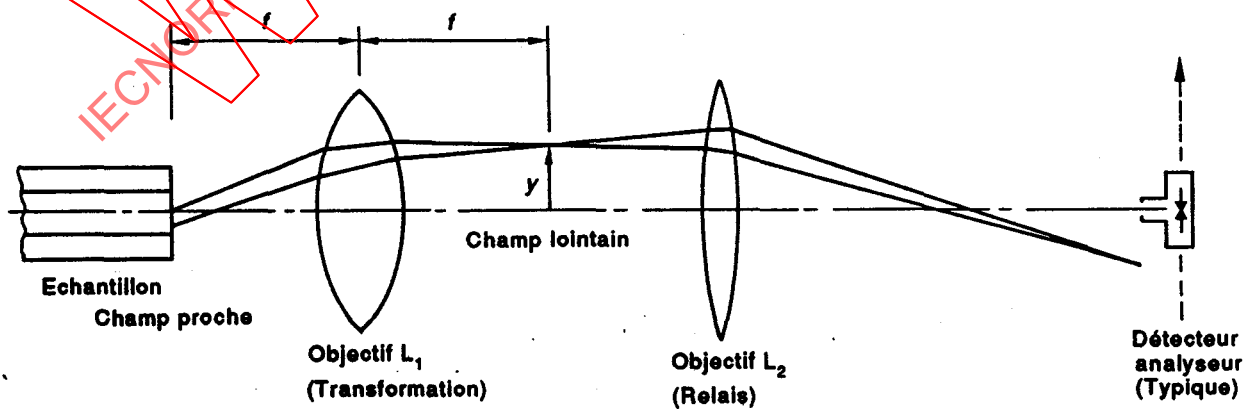


Figure 42C – Méthode C

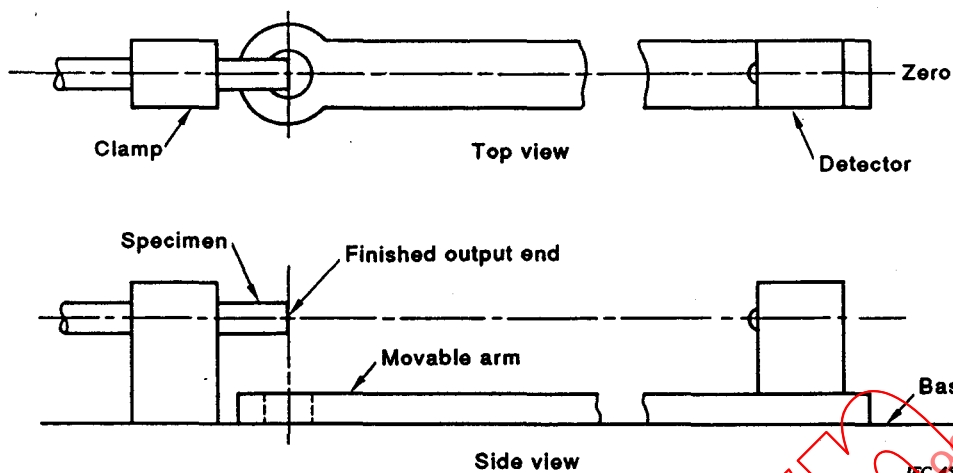


Figure 42A - Method A

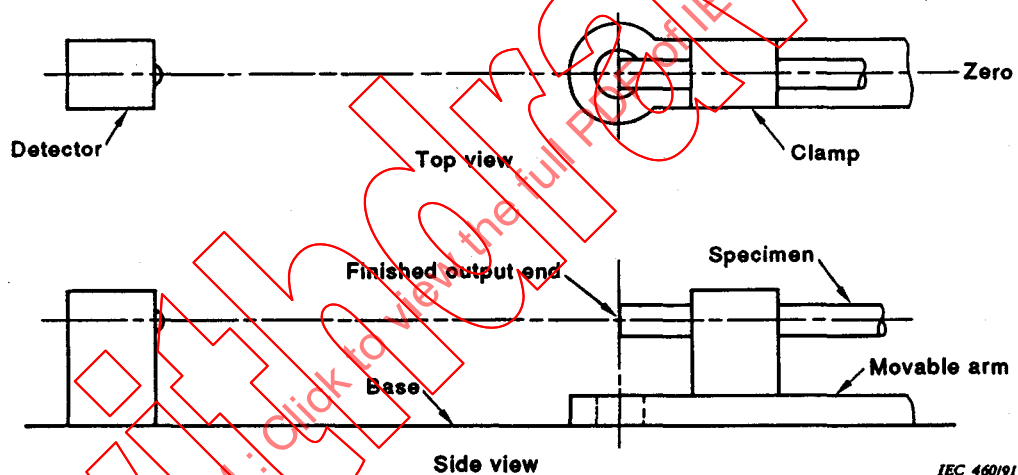


Figure 42B - Method B

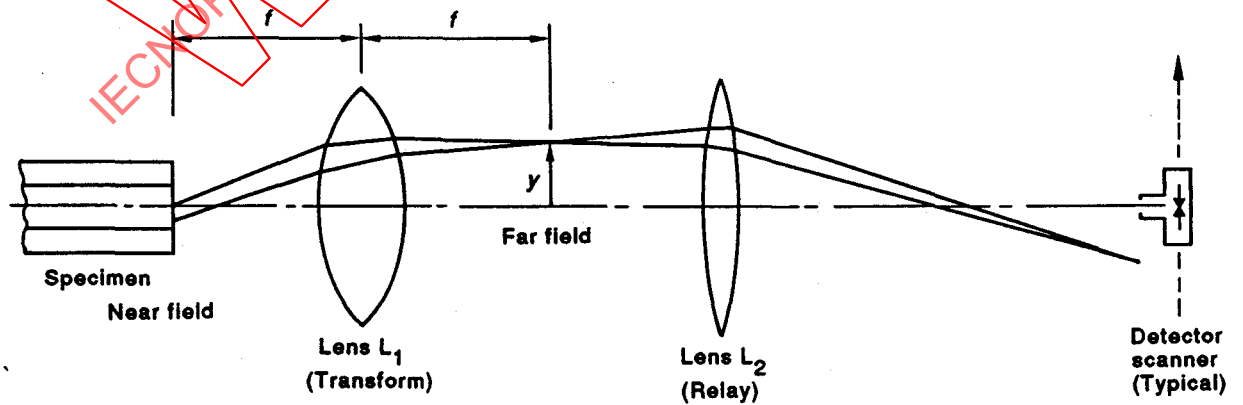


Figure 42C - Method C

4.20 Longueur d'onde de coupure

La longueur de coupure est la longueur d'onde supérieure à la longueur d'onde au-delà de laquelle le mode de second ordre LP_{11} cesse d'être un mode guidé, dans tous les sens possibles du terme.

4.21 Méthode CEI 793-1-C7A – Mesure de la longueur d'onde de coupure pour une fibre optique unimodale

4.21.1 *Objet*

La méthode d'essai utilisée est celle de la puissance transmise, qui permet de mesurer la variation, en fonction de la longueur d'onde, de la puissance transmise d'une courte longueur de fibre en essai comparée à une puissance transmise de référence.

Il est possible d'utiliser deux méthodes pour obtenir ce point de référence:

- a) Une boucle de plus faible rayon sur la fibre en essai.
- b) Une longueur de 1 m à 2 m d'une fibre multimodale.

4.21.2 *Appareillage*

4.21.2.1 *Source lumineuse*

Il est nécessaire d'utiliser une source de lumière naturelle filtrée, dont la largeur de raie ne dépasse pas 10 nm, qui est stable en position et en intensité, et qui est capable de fonctionner sur toute la plage de longueurs d'onde comprises entre 1 000 nm et 1 600 nm.

4.21.2.2 *Modulation*

La source lumineuse doit être modulée pour empêcher la lumière ambiante de fausser les résultats, et pour aider à la restitution du signal. Un échantillonneur mécanique muni d'une sortie de référence constitue un arrangement convenable.

4.21.2.3 *Dispositif optique d'injection*

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif optique d'injection, tel qu'un système de lentilles ou une fibre multimodale pour saturer l'échantillon en essai sur toute la plage des longueurs d'onde d'essai. Cette injection est relativement insensible à la position de l'extrémité d'entrée de la fibre unimodale et elle est suffisante pour exciter le mode de base et tous les modes d'ordre supérieur dans l'échantillon en essai. Si une épissure en bout à bout est utilisée, il est nécessaire de prévoir un moyen permettant d'éviter les phénomènes d'interférence.

Lorsqu'une fibre multimodale est utilisée, la saturation de la fibre de référence peut engendrer une ondulation indésirable dans le spectre de transmission de puissance. Limiter suffisamment l'injection pour éviter le phénomène d'ondulation. La méthode C1A donne un exemple d'injection limitée. Un filtre de mode à mandrin ayant une perte d'insertion suffisante (environ 4 dB) constitue un autre exemple d'injection limitée.

4.20 Cut-off wavelength

The cut-off wavelength is the wavelength greater than which the second order LP_{11} mode ceases to be a bound mode in any practical sense.

4.21 Method IEC 793-1-C7A – Cut-off wavelength measurement for single-mode optical fibre

4.21.1 Object

The method used shall be transmitted power technique, which measures the variation with wavelength of the transmitted power of a short length of test fibre compared to a reference transmitted power.

Two techniques can be used to obtain this reference point:

- a) A loop of smaller radius in the test fibre.
- b) A 1 m to 2 m length of multimode fibre.

4.21.2 Apparatus

4.21.2.1 Light source

A filtered white light source, with linewidth not greater than 10 nm, stable in position and intensity, and capable of operation over the wavelength range 1 000 nm to 1 600 nm shall be used.

4.21.2.2 Modulation

The light source shall be modulated to prevent ambient light affecting the results, and to aid signal recovery. A mechanical chopper with a reference output is a suitable arrangement.

4.21.2.3 Launch optics

The launch optics, such as a lens system or a multimode fibre, shall be used to overfill the test sample over the full range of test wavelengths. This launch is relatively insensitive to the input endface position of the single-mode fibre, and is sufficient to excite the fundamental and any higher-order modes in the test sample. If a butt splice is used, provide means to avoid interference effects.

When a multimode fibre is used, overfilling the reference fibre can produce an undesired ripple in the power transmission spectrum. Restrict the launch sufficiently to eliminate the ripple effect. One example of restricted launch is in method C1A. Another example of restricted launch is a mandrel-wrap mode filter with sufficient (approximately 4 dB) insertion loss.

4.21.2.4 *Appareillage de maintien et de positionnement*

Maintenir, de façon stable, les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai pendant toute la durée de l'essai; il est permis d'utiliser des dispositifs tels qu'un mandrin à succion, un mandrin magnétique ou des connecteurs. Maintenir les extrémités de la fibre afin de pouvoir les positionner, de façon répétitive, dans le dispositif optique d'injection et de détection.

4.21.2.5 *Extracteur des modes de gaine*

Supprimer la puissance des modes de gaine de l'échantillon en essai. Dans certaines conditions, le revêtement de la fibre remplira cette fonction; sinon, utiliser des méthodes ou des dispositifs qui permettent l'extraction de la puissance des modes de gaine aux extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai.

4.21.2.6 *Dispositif optique de détection*

Coupler toutes les puissances optiques transmises par l'échantillon en essai sur la zone active du détecteur. Il est possible d'utiliser, par exemple, un système de lentilles optiques, une épissure en bout avec une fibre multimodale reliée à un détecteur par une fibre amorce, ou un couplage direct.

4.21.2.7 *Détecteur et dispositif électronique de détection*

Utiliser un détecteur sensible sur toute la plage des longueurs d'onde utilisées et linéaire sur toute la plage des intensités rencontrées. Un système typique peut comporter une photodiode au Ge ou au InGaAs à mode photovoltaïque et un préamplificateur d'entrée de courant, la détection synchrone étant assurée par un amplificateur à verrouillage et par un ensemble échantillonneur optique. Généralement, un système comporte un ordinateur destiné à l'acquisition et à l'analyse des données.

4.21.3 *Echantillon en essai*

L'essai doit être effectué sur une longueur de fibre de 2 m ($\pm 0,2$ m).

La fibre doit être courbée en une boucle lâche qui constitue un tour complet d'un cercle de 140 mm de rayon. En variante, la boucle dans la fibre peut se composer de deux arcs de cercle (de 180° chacun), de 140 mm de rayon, reliés par des tangentes. Ce montage est illustré à la figure 43, où le mandrin semi-circulaire inférieur peut se déplacer pour enrouler toute fibre lâche sans pour cela nécessiter le déplacement d'un des éléments du dispositif optique, ou soumettre le reste de la fibre en essai à une tension importante.

La partie restante de la fibre doit être exempte de toute contrainte extérieure; bien que quelques courbures de rayons plus importants soient tolérées, ces courbures ne doivent, en aucun cas, entraîner des variations importantes dans le résultat de mesure. La puissance de sortie $P_1(\lambda)$ doit être mesurée par rapport à la longueur d'onde λ sur une plage suffisamment étendue autour de la longueur d'onde de coupure prévue.

4.21.2.4 *Support and positioning apparatus*

Stably support the input and output ends of the test sample for the duration of the test; means such as vacuum chucks, magnetic chucks, or connectors may be used. Support the fibre ends such that they can be repeatedly positioned in the launch and detection optics.

4.21.2.5 *Cladding mode stripper*

Remove cladding mode power from the test sample. Under some circumstances, the fibre coating will perform this function; otherwise use methods or devices that extract cladding mode power at the input and output ends of the test sample.

4.21.2.6 *Detection optics*

Couple all power emitted from the test sample onto the active region of the detector. As examples, an optical lens system, a butt splice with a multimode fibre pigtailed to a detector, or direct coupling may be used.

4.21.2.7 *Detector and signal detection electronics*

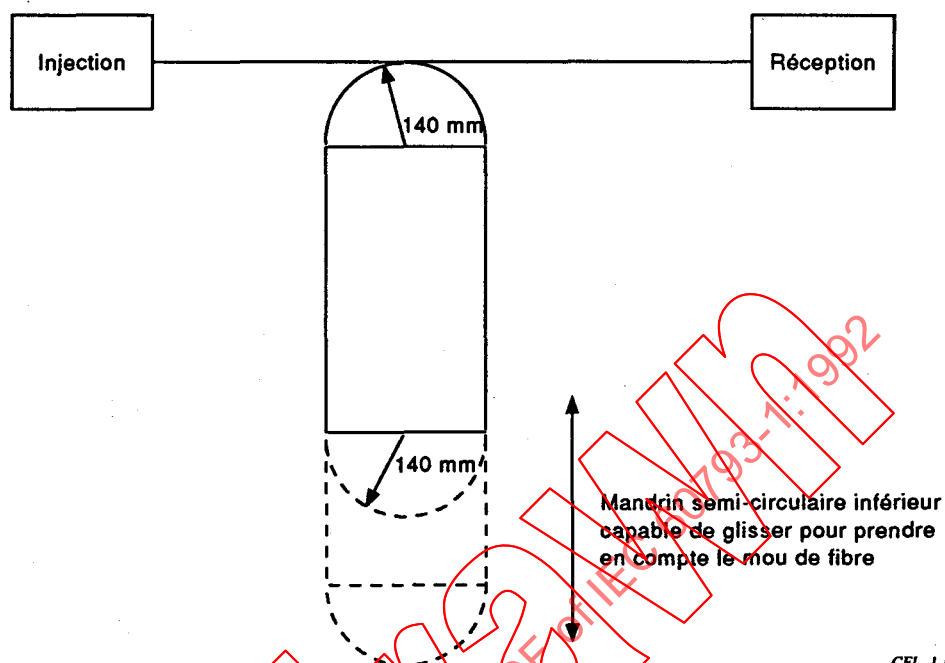
Use a detector that is sensitive over the range of wavelengths employed and linear over the range of intensities encountered. A typical system may include a photovoltaic-mode Ge or InGaAs photodiode and a current-input preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier and an optical chopper assembly. Generally, a system includes a computer for data acquisition and analysis.

4.21.3 *Test sample*

The test shall be performed on a 2 m piece of fibre ($\pm 0,2$ m).

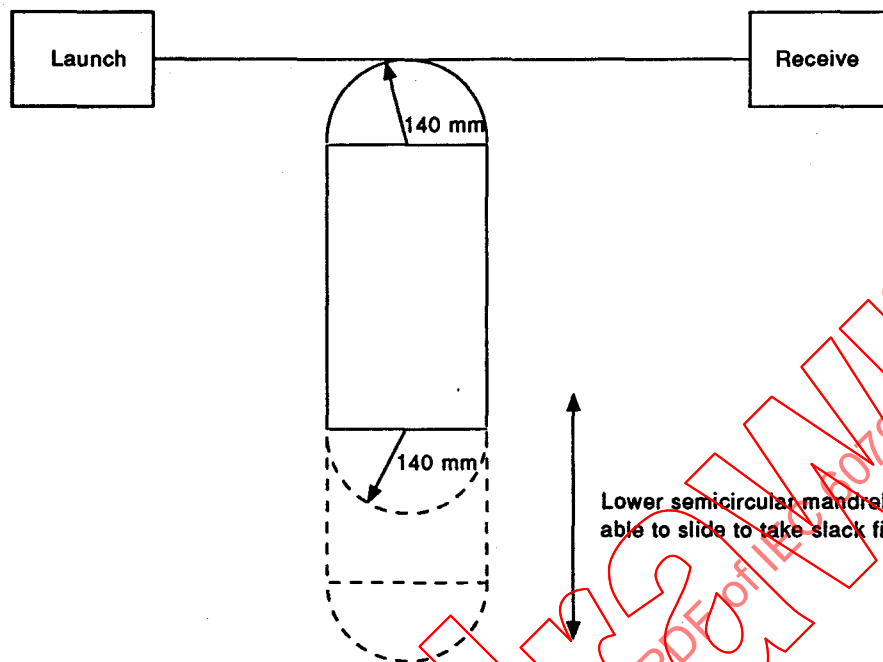
The fibre shall be bent into a loosely constrained loop which is one complete turn of a circle of 140 mm radius. Alternatively, the loop placed in the fibre may consist of two arcs (each of 180°) of 140 mm radius connected by tangents. This set-up is shown in figure 43, where the lower semicircular mandrel is allowed to move to take up any slack fibre without requiring the movement of any of the optics, or placing any significant tension on the rest of the fibre sample.

The remaining fibre shall be substantially free of external stresses, while some bends of larger radii are permissible, they shall not give significant change to the measurement result. The output power $P_1(\lambda)$ shall be recorded against wavelength λ in a sufficiently wide range around the expected cut-off wavelength.



CEI 1193192

Figure 43



IEC 1193/92

Figure 43

4.21.4. Procédure

4.21.4.1 Transmission à travers l'échantillon de référence

Deux méthodes peuvent être employées:

- (a) En plaçant au moins une boucle ayant un rayon suffisamment plus faible (par exemple 30 mm) dans l'échantillon en essai de manière à filtrer le mode de second ordre LP_{11} et en mesurant ensuite la puissance de sortie $P_2(\lambda)$ sur la même plage de longueurs d'onde.
- (b) En utilisant une longueur de 1 m à 2 m d'une fibre multimodale et en mesurant $P_3(\lambda)$ sur la même plage de longueurs d'onde.

4.21.4.2 Détermination de la longueur d'onde de coupure

Lorsque la méthode (a) est utilisée, λ_0 est déterminée comme la plus grande longueur d'onde à laquelle $R(\lambda)$ est égal à 0,1 dB (se reporter à la figure 44).

Lorsque la méthode (b) est utilisée, λ_0 est déterminée par l'intersection de la courbe de $R(\lambda)$ et d'une droite (la droite 2 sur la figure 45) parallèle à la droite (la droite 1 sur la figure 45) ajustée par rapport à la portion des grandes longueurs d'onde de $R(\lambda)$.

Où $R(\lambda)$ est le rapport logarithmique de $P_1(\lambda)$ et de $P_2(\lambda)$ calculé à partir de la relation suivante:

$$R(\lambda) = 10 \log \frac{P_1(\lambda)}{P_i(\lambda)}$$

et $i = 2$ ou 3 , suivant que la méthode (a) ou (b) est respectivement utilisée.

4.21.4 Procedure

4.21.4.1 Transmission through the reference sample

Two techniques may be used:

- (a) By placing at least one loop of sufficiently smaller radius (for example 30 mm) in the test sample so as to filter the LP_{11} and then measure the output power $P_2(\lambda)$ over the same wavelength range.
- (b) Use a 1 m to 2 m length of multimode fibre and measure $P_3(\lambda)$ over the same wavelength range.

4.21.4.2 Determination of the cut-off wavelength

When method (a) is used λ_0 is determined as the largest wavelength at which $R(\lambda)$ is equal to 0,1 dB (see figure 44).

When method (b) is used λ_0 is determined by the intersection of the plot of $R(\lambda)$ and a straight line (line 2 on figure 45 parallel to the straight line (line 1 on figure 45) fitted to the long wavelength portion of $R(\lambda)$

Where $R(\lambda)$ is the logarithmic ratio of $P_1(\lambda)$ and $P_2(\lambda)$ and is calculated as:

$$R(\lambda) = 10 \log \frac{P_1(\lambda)}{P_i(\lambda)}$$

and $i = 2$ or 3 depending on whether (a) or (b) method is used respectively

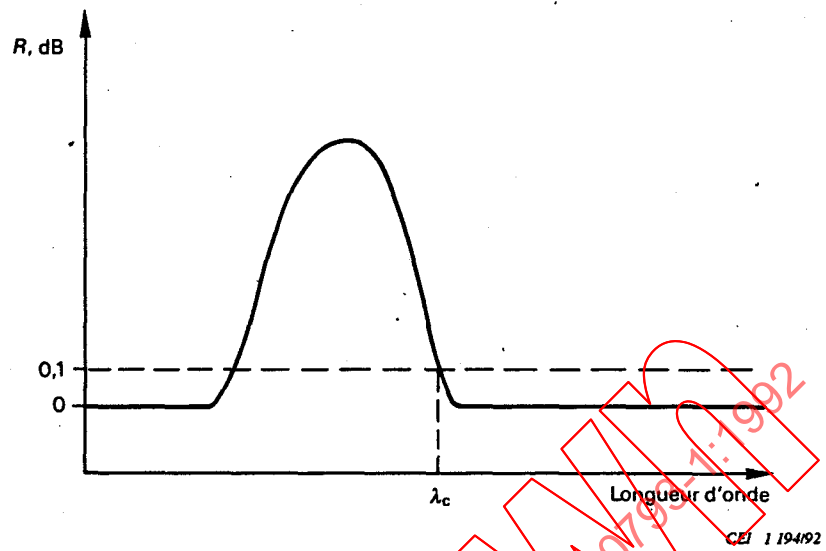


Figure 44

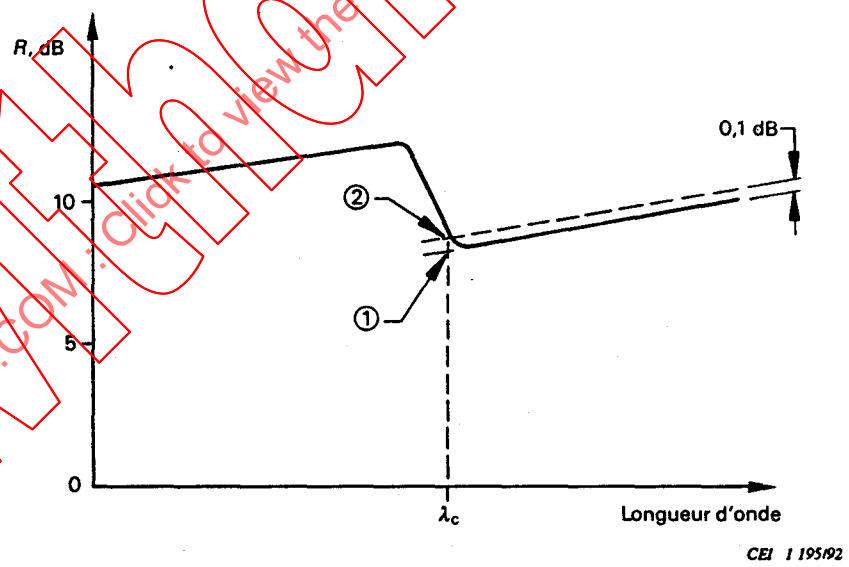


Figure 45

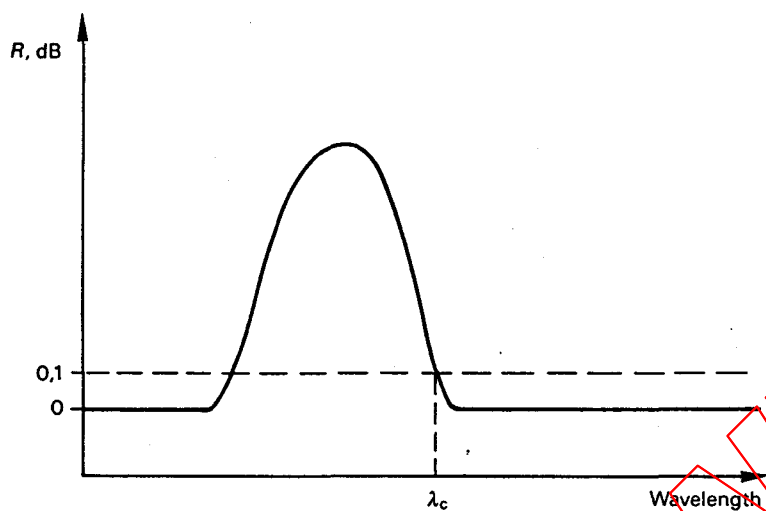


Figure 44

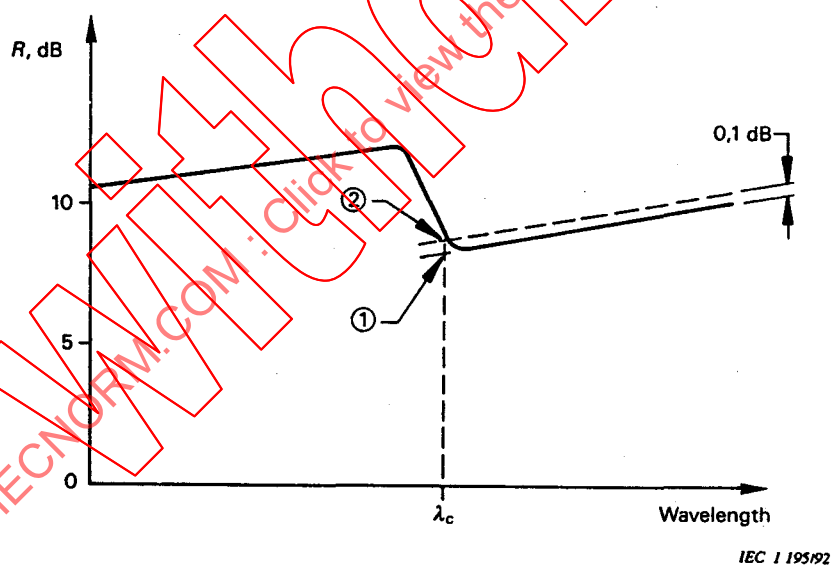


Figure 45

4.21.5 Résultats

4.21.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies:

- La date de l'essai
- L'identification de la fibre
- La longueur d'onde de coupure
- L'humidité relative et la température ambiante.

4.21.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

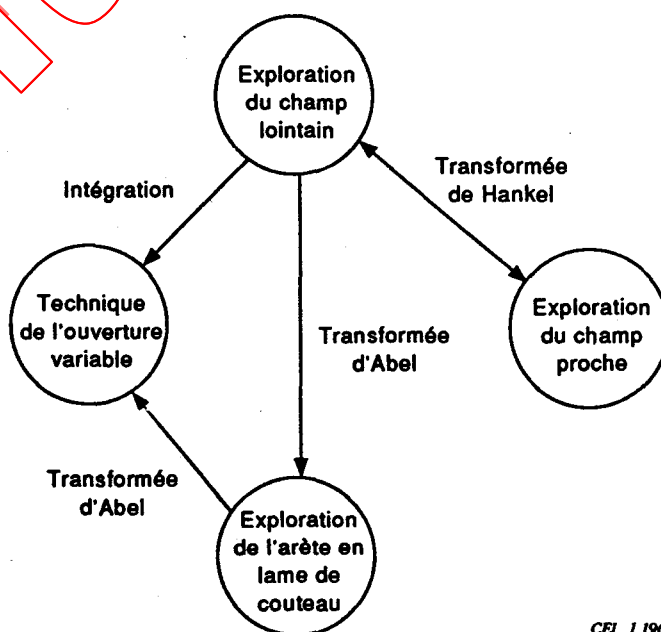
- La méthode de référence utilisée (si une référence multimodale est utilisée, la description du type de fibre utilisé).
- La description de l'équipement utilisé.
- Les informations relatives à l'étalonnage.
- La courbe spectrale typique.

4.22 Méthode CEI 793-1-C7B – Mesure de la longueur d'onde de coupure en câble d'une fibre unimodale

A l'étude.

4.23 Diamètre du champ de mode

Le diamètre du champ de mode d'une fibre unimodale peut être déterminé dans la région de champ lointain à partir de la répartition des intensités en champ lointain $P_m(\theta)$; à partir de la fonction de transmission en couteau $K(x)$; à partir de la fonction complémentaire de transmission de puissance d'ouverture $a(\theta)$; et dans la région de champ proche à partir de la répartition des intensités en champ proche $I^2(r)$. Les définitions du diamètre du champ de mode sont strictement liées aux configurations de mesures. L'équivalence mathématique de ces définitions résulte des relations de transformées entre des résultats de mesure obtenus par différentes méthodes résumées par le schéma ci-dessous:



4.21.5 Results

4.21.5.1 The following details shall be presented:

- Date of test
- Fibre identification
- Cut-off wavelength
- Relative humidity and ambient temperature.

4.21.5.2 Information that shall be available on request:

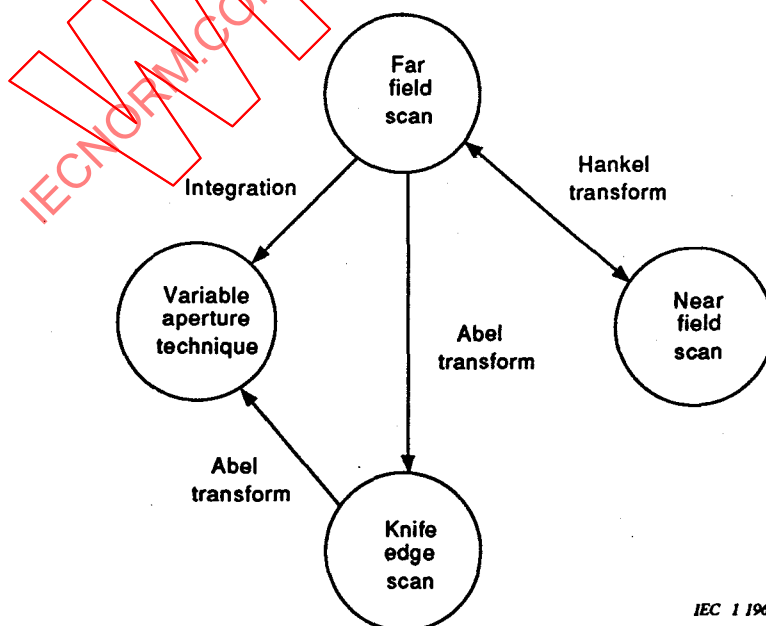
- Reference method used (if multimode reference is used, description of type of fibre used).
- Description of equipment used.
- Calibration data.
- Typical spectral plot.

4.22 Method IEC 793-1-1C7B – Cable cut-off wavelength measurement of single-mode fibre

Under consideration.

4.23 Mode field diameter

The mode field diameter (MFD) for single-mode fibre may be determined in the far field domain from the far field intensity distribution, $P_m(\theta)$; from the knife edge transmission function $K(x)$; from the complementary aperture power transmission function $a(\theta)$ and in the near field domain from the near field intensity distribution $I^2(r)$. The definitions of MFD are strictly related to the measurement configurations. The mathematical equivalence of these definitions results from transform relationships between measurement results obtained by different implementations summarized as follows:



4.23.1. Définitions

4.23.1.1 Balayage direct en champ lointain

Le diamètre du champ de mode ($2W_0$) dérivé dans la région du champ lointain par la configuration du balayage direct en champ lointain est défini à partir de la répartition des intensités en champ lointain $P_m(\theta)$:

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left[\frac{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin \theta \cos \theta d\theta}{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin^3 \theta \cos \theta d\theta} \right]^{1/2}$$

où:

$P_m(\theta)$ est la répartition des puissances mesurée dans le champ lointain

λ est la longueur d'onde de mesure

θ est l'angle dans la mesure en champ lointain à partir de l'axe de la fibre.

NOTE - Les limites d'intégration s'étendent de zéro à l'infini, mais il est entendu que les intégrandes tendent vers zéro lorsque la variable croît, de manière à pouvoir, dans la pratique, tronquer les intégrales.

4.23.1.2 Exploration d'une arête en lame de couteau

Le diamètre du champ de mode ($2W_0$), dérivé dans le champ lointain par la configuration en couteau, est défini à partir de la fonction de transmission en couteau $K(x)$:

$$2W_0 = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\int_0^\infty \frac{dK(x)}{dx} q^2 dq}{4 \int_0^\infty \frac{dK(x)}{dx} dq} \right]^{-1/2}$$

où:

$x = D \tan \theta$ est le décalage latéral en couteau

D est la distance entre l'angle de balayage en couteau et la fibre

θ est l'angle de balayage en champ lointain

q est égal à $1/\lambda \sin \theta$

4.23.1.3 Ouverture variable dans le champ lointain

Le diamètre du champ de mode ($2W_0$), dérivé dans le champ lointain par la configuration de l'ouverture variable, est défini à partir de la fonction complémentaire de transmission de puissance d'ouverture $a(\theta)$:

$$a(\theta) = 1 - \frac{P(\theta)}{P_{\max}}$$

où:

$P_{\max}$ est la puissance transmise à travers la plus grande ouverture

θ est l'angle dans la mesure en champ lointain à partir de l'axe de la fibre

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left(\int_0^\infty a(\theta) \sin 2\theta d\theta \right)^{-1/2} \text{ en micromètres}$$

où: λ est la longueur d'onde de mesure

4.23.1 Definitions

4.23.1.1 Direct far field scan

The MFD ($2W_0$) derived in the far field domain by the direct far field scan configuration is defined from the far field distribution $P_m(\theta)$:

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left[\frac{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin \theta \cos \theta d\theta}{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin^3 \theta \cos \theta d\theta} \right]^{1/2}$$

where:

$P_m(\theta)$ is the measured far field power distribution

λ is the wavelength of measurement

θ is the angle in the far field measurement from the axis of the fibre.

NOTE - The integration limits are shown to be from zero to infinity, but it is understood that the integrands approach zero with increasing argument so that, in practice, the integrals can be truncated.

4.23.1.2 Knife edge scan

The MFD ($2W_0$) derived in the far field domain by the knife edge configuration is defined from the knife edge transmission function $K(x)$:

$$2W_0 = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\int_0^\infty \frac{dK(x)}{dx} q^2 dq}{4 \int_0^\infty \frac{dK(x)}{dx} dq} \right]^{-1/2}$$

where:

$x - D \tan \theta$ is the knife edge lateral offset

D is the distance between the knife edge and the fibre

θ is the far field scan angle

q is the $1/\lambda \sin \theta$

4.23.1.3 Variable aperture in the far field

The MFD ($2W_0$) derived in the far field domain by the variable aperture configuration is defined from the complementary aperture power transmission function $a(\theta)$:

$$a(\theta) = 1 - \frac{P(\theta)}{P_{\max}}$$

where:

$P_{\max}$ is the power through the largest aperture

θ is the angle in the far field measurement from the axis of the fibre

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left(\int_0^\infty a(\theta) \sin 2\theta d\theta \right)^{-1/2} \text{ in micrometres}$$

where:

λ is the wavelength of measurement.

4.23.1.4 Exploration en champ proche

Le diamètre du champ de mode ($2W_0$), dérivé dans la configuration en champ proche, est défini à partir de la répartition des intensités dans le champ proche $f^2(r)$, r étant la coordonnée radiale:

$$2W_0 = 2 \left[\frac{\int_0^\infty r f^2(r) dr}{\int_0^\infty r \left[\frac{df(r)}{dr} \right]^2 dr} \right]^{1/2}$$

4.24 Méthode CEI 793-1-C9A – Mesure du diamètre du champ de mode – Méthode d'exploration directe du champ lointain

4.24.1 Objet

4.24.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de mesurer le diamètre du champ de modes $2W_0$ d'une fibre unimodale. Cet essai s'applique aux fibres unimodales des catégories B1 à B3, fonctionnant à des longueurs d'onde situées au voisinage de 1 300 nm ou de 1 550 nm.

4.24.1.2 La méthode du champ lointain permettant de déterminer le diamètre du champ de mode d'une fibre unimodale est une procédure qui se déroule en deux étapes. La première étape consiste à mesurer le diagramme de rayonnement de la fibre en champ lointain. La seconde étape, qui est une procédure mathématique fondée sur la définition du champ lointain efficace de Petermann, est utilisée pour calculer le champ de mode à partir des informations relatives au champ lointain décrites en 4.23.5. La figure 46 illustre un montage typique pour l'essai.

4.24.2 Appareillage

4.24.2.1 Source lumineuse

Il est nécessaire d'utiliser une source appropriée de lumière cohérente ou incohérente, telle qu'un laser à semiconducteur ou une source de lumière blanche suffisamment puissante. La source doit être stable en intensité pendant une période suffisante pour permettre d'effectuer la mesure. Si nécessaire, il est possible d'utiliser un monochromateur ou un (des) filtre(s) interférentiels pour la sélection des longueurs d'onde. La longueur d'onde de la source doit être indiquée dans la spécification particulière. La largeur spectrale à mi-hauteur de la source doit être inférieure ou égale à 10 nm, sauf spécification contraire.

4.24.2.2 Dispositif optique d'entrée

Il est possible d'utiliser un système de lentilles optiques ou une fibre amorce pour exciter la fibre en essai. Il est souhaitable que la puissance couplée dans la fibre en essai soit relativement insensible à la position de la face de l'extrémité d'entrée de la fibre en essai. Ceci peut être réalisé à l'aide d'un faisceau d'injection qui sature spatialement et angulairement la fibre en essai. Si une épissure en bout à bout est utilisée, il est nécessaire d'utiliser une substance adaptatrice d'indices entre la fibre amorce et la fibre en essai pour éviter les phénomènes d'interférences. Le couplage doit être stable pendant toute la durée de l'essai.

4.23.1.4 Near field scan

The MFD ($2W_0$) derived from the near field configuration is defined from the near field intensity distribution $f^2(r)$, r being the radial coordinate:

$$2W_0 = 2 \left[\frac{\int_0^\infty r f^2(r) dr}{\int_0^\infty r \left[\frac{df(r)}{dr} \right]^2 dr} \right]^{1/2}$$

4.24 Method IEC 793-1-C9A – Mode field diameter measurement direct far field scanning method

4.24.1 Object

4.24.1.1 This test method describes a procedure for measuring the mode field diameter $2W_0$ of single-mode fibre. This test applies to single-mode fibre B1 to B3 operating near 1 300 nm or 1 550 nm.

4.24.1.2 The far field method for obtaining the mode field diameter of a single-mode fibre is a two step procedure. First, the far field radiation pattern of the fibre is measured. Second, a mathematical procedure based on the Petermann r.m.s. far field definition is used to calculate the mode field from far field data as described in 4.23.5. A typical test set-up is illustrated in figure 46.

4.24.2 Apparatus

4.24.2.1 Light source

A suitable coherent or non-coherent light source such as a semiconductor laser or a sufficiently powerful filtered white light source shall be used. The source shall be stable in intensity over a time period sufficient to perform the measurement. A monochromator or interference filter(s) may be used, if required, for wavelength selection. The wavelength of the source shall be specified in the detail specification. The FWHM (full width, half maximum) spectral line width of the source shall be less than or equal to 10 nm unless otherwise specified.

4.24.2.2 Input optics

An optical lens system or fibre pigtail may be employed to excite the test fibre. It is recommended that the power coupled into the test fibre be relatively insensitive to the position of the input end face of the test fibre. This can be accomplished by using a launch beam that spatially and angularly overfills the test fibre. If a butt splice is used, index matching material shall be employed between the fibre pigtail and test fibre to avoid interference effects. The coupling shall be stable for the duration of the test.

4.24.2.3 *Extracteur de modes de gaine*

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif d'extraction de modes de gaine. Dans certains cas, c'est le revêtement de la fibre qui assure lui-même cette fonction.

4.24.2.4 *Filtre de modes d'ordre supérieur*

Il est nécessaire d'utiliser une méthode destinée à empêcher la propagation des modes d'ordre supérieur dans la plage de longueurs d'onde égale ou supérieure à la longueur d'onde de coupure de la fibre en essai. Par exemple, une courbure à une spire d'un rayon de 30 mm environ de la fibre en essai suffit généralement.

4.24.2.5 *Ensemble de détecteur à balayage – Système électronique de détection des signaux*

Il est nécessaire d'utiliser un mécanisme destiné à explorer la répartition des intensités en champ lointain. Il est nécessaire d'utiliser un dispositif de balayage capable de fonctionner par échelons de $0,50^\circ$ (ou des échelons encore plus fins) pour balayer le détecteur. Un système typique doit normalement comporter une photodiode PIN, fonctionnant en mode photovoltaïque, amplifiée par un préamplificateur de courant, avec une détection synchrone assurée par un amplificateur à verrouillage. Un système typique doit normalement comporter un calculateur pour traiter les données relatives au champ lointain. Il convient d'installer le détecteur à une distance d'au moins 10 mm de l'extrémité de la fibre, et il est préférable que la zone active du détecteur n'intercepte pas un angle trop important dans le champ lointain. Ceci peut être réalisé en plaçant le détecteur à une distance de l'extrémité de la fibre supérieure à $2wb/\lambda$, où $2w$ est le diamètre du champ de mode prévu de la fibre à mesurer et b est le diamètre de la zone active du détecteur. Pour obtenir des mesures très précises, il convient d'avoir une plage dynamique minimale de mesure de 50 dB. Cela correspond à des demi-angles de balayage maximaux de 20° à 25° ou plus, respectivement pour des fibres de catégorie B1 ou B2. La réduction des prescriptions relatives à la plage dynamique (ou au demi-angle maximal de balayage) est susceptible d'introduire des erreurs. Par exemple, le fait de limiter ces valeurs à 30 dB et à $12,5^\circ$ pour des fibres de catégorie B1, et à 40 dB et à 20° pour des fibres de catégorie B2, peut introduire une erreur relative, dans la détermination du diamètre du champ de mode, supérieure à 1 %.

4.24.3 *Echantillon en essai*

4.24.3.1 La longueur de l'échantillon en essai doit être connue, c'est-à-dire une longueur typique de $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ d'une fibre unimodale.

4.24.3.2 Il est nécessaire de préparer une face plane à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai.

4.24.4 *Procédure d'essai*

4.24.4.1 La fibre en essai, préparée conformément aux prescriptions de 4.24.3, doit être alignée dans le système et son extrémité de sortie doit être alignée sur l'ensemble de détection pour assurer une puissance maximale.

4.24.4.2 Le détecteur doit être balayé par échelons inférieurs ou égaux à 1° , et la puissance du détecteur doit être enregistrée.

4.24.2.3 *Cladding mode stripper*

A device that extracts cladding modes shall be employed. Under some circumstances the fibre coating will perform this function.

4.24.2.4 *High order mode filter*

A method shall be employed to remove high order propagating modes in the wavelength range that is greater than or equal to the cutoff wavelength of the test fibre. For example, a one-turn bend of radius = 30 mm on the test fibre is generally sufficient.

4.24.2.5 *Scanning detector assembly – Signal detection electronics*

A mechanism to scan the far field intensity distribution shall be used. A scanning device capable of $0,50^\circ$ steps or finer shall be used to scan the detector. A typical system might include a PIN photodiode, operating in a photovoltaic mode, amplified by a current-input preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier. A typical system should also include a computer to process the far field data. The detector should be at least 10 mm from the fibre end, and the detector's active area should not subtend too large an angle in the far field. This can be assured by placing the detector at a distance from the fibre end greater than $2wb/\lambda$ where $2w$ is the expected mode field diameter of the fibre to be measured and b is the diameter of the active area of the detector. For very accurate measurements, the minimum dynamic range of the measurement should be 50 dB. This corresponds to a maximum scan half-angle of 20° and 25° , or greater, for category B1 and B2 fibres, respectively. Reducing the dynamic range (or maximum scan half-angle) requirements may introduce errors. For example, restricting those values to 30 dB and $12,5^\circ$ for category B1 fibres, and to 40 dB and 20° for category B2 fibres, may result in a relative error, in the determination of the mode field diameter, that is greater than 1 %.

4.24.3 *Test sample*

4.24.3.1 The test sample shall be a known length, typically $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ of single mode fibre.

4.24.3.2 A flat end face shall be prepared at the input and output ends of the test sample.

4.24.4 *Test procedure*

4.24.4.1 The test fibre, as prepared in 4.24.3 shall be aligned in the system and its output end aligned on the detector assembly for maximum power.

4.24.4.2 The detector shall be scanned in steps smaller or equal to 1° , and the detector power recorded.

4.24.4.3 Il est nécessaire de calculer une valeur de l'intégrale de Petermann à partir des données enregistrées et de l'utiliser pour calculer le diamètre du champ de mode de la fibre, tel que décrit en 4.24.5.

4.24.5 *Calculs*

4.24.5.1 Le diamètre du champ de mode, $2W_0$, est calculé à partir des données en champ lointain en évaluant l'intégrale de Petermann.

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left[\frac{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin \theta \cos \theta d\theta}{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin^3 \theta \cos \theta d\theta} \right]^{1/2}$$

Où $P_m(\theta)$ est la répartition mesurée de la puissance en champ lointain. Les limites d'intégration s'étendent de zéro à l'infini, mais il est entendu que les intégrandes tendent vers zéro lorsque la variable croît, de manière à pouvoir, dans la pratique, tronquer les intégrales.

4.24.5.2 *Renseignements relatifs à l'échantillon*

Les renseignements relatifs à l'échantillon et les valeurs calculées pour W_0 sont fournies à l'annexe A pour permettre la vérification de l'évaluation numérique de l'intégrale de Petermann. Les renseignements relatifs à l'échantillonnage sont présentés sous forme de puissance normalisée en champ lointain P_m en fonction de l'angle θ , pour les moitiés gauche et droite du diagramme de rayonnement en champ lointain.

4.24.6 *Résultats*

4.24.6.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- La date de l'essai.
- L'identification de la fibre en essai.
- La longueur d'onde de la source optique.
- Le diamètre du champ de mode en micromètres.
- L'humidité relative et la température ambiante.

4.24.6.2 *Documentation relative à l'essai*

Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

- Le type de source optique utilisé.
- La description du dispositif optique d'entrée.
- La description de l'extracteur de modes de gaine, le cas échéant.
- La description du filtre de modes d'ordre supérieur.
- La description de l'ensemble de balayage.
- La description de l'ensemble de détection et de l'équipement de traitement des signaux.
- Les détails relatifs à la méthode de calcul utilisée.
- La date du dernier étalonnage de l'équipement d'essai.

4.24.4.3 A value of the Petermann integral shall be calculated from the recorded data and used to compute the fibre mode field diameter as described in 4.24.5.

4.24.5 Calculations

4.24.5.1 The mode field diameter, $2W_0$, is calculated from the far field data by evaluating the Petermann integral.

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left[\frac{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin \theta \cos \theta d\theta}{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin^3 \theta \cos \theta d\theta} \right]^{1/2}$$

Where $P_m(\theta)$ is the measured far field power distribution. The integration limits are shown to be from zero to infinity, but it is understood that the integrands approach zero with increasing argument so that, in practice, the integrals can be truncated.

4.24.5.2 Sample data

Sample data and calculated values for W_0 are provided in Annex A to enable one to check the numerical evaluation of the Petermann Integral. The sample data is in the form of normalized far field power P_m as a function of the angle θ for both the left and the right half portions of the far field radiation pattern.

4.24.6 Results

4.24.6.1 The following information shall be reported with each test:

- Date of test
- Identification of fibre measured
- Optical source wavelength
- Mode field diameter in micrometres
- Relative humidity and ambient temperature.

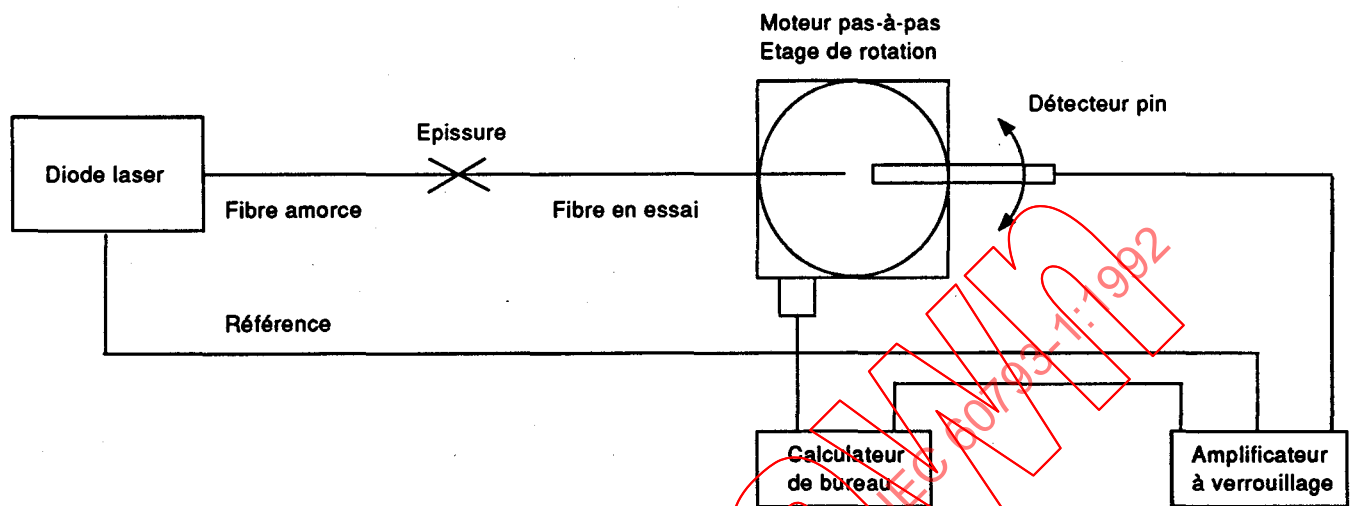
4.24.6.2 Test documentation

The following information shall be available upon request:

- Type of optical source used.
- Description of input optics.
- Description of cladding mode stripper, if used.
- Description of high order mode filter.
- Description of scanning assembly.
- Description, of detector assembly and signal processing equipment.

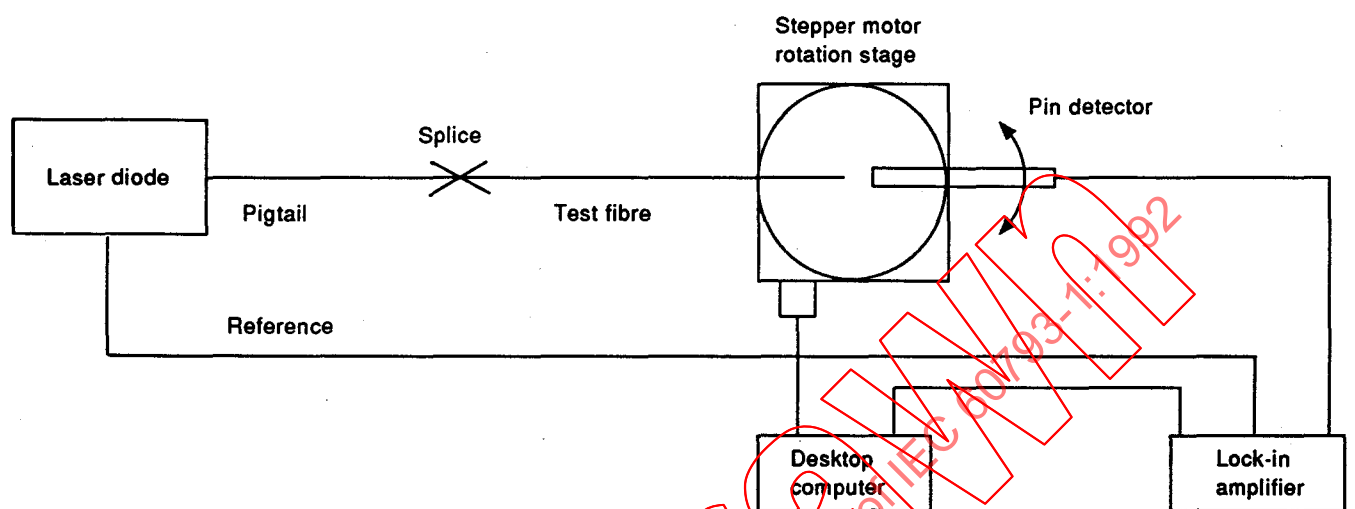
Details of computation technique.

Date of latest calibration of test equipment.



CEI 1197/92

Figure 46 – Montage de mesure en champ lointain



IEC 1197/92

Figure 46 – Far field measurement set

4.25 Méthode CEI 793-1-C9B – Mesure du diamètre du champ de mode – Technique de l'ouverture variable en champ lointain

4.25.1 *Objet*

4.25.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de mesurer le diamètre du champ de mode $2W_0$ d'une fibre unimodale, en mesurant la puissance à partir du diagramme de rayonnement de sortie de la fibre en champ lointain à travers des ouvertures de transmission de diverses tailles. Cet essai s'applique aux fibres unimodales des catégories B1 à B3, fonctionnant à des longueurs d'onde proches de 1 300 nm ou de 1 550 nm.

4.25.1.2 La base mathématique pour le calcul du diamètre du champ de mode est fondée sur la définition du champ lointain efficace de Petermann (voir 4.24.5).

4.25.1.3 La méthode des ouvertures variables en champ lointain pour calculer le diamètre du champ de mode d'une fibre unimodale est une procédure qui se déroule en deux étapes. La première étape consiste à mesurer la répartition bidimensionnelle de la lumière en champ lointain au fur et à mesure que la puissance passe à travers des ouvertures de différentes tailles. La seconde étape est une procédure mathématique qui consiste à calculer le diamètre du champ de mode à partir des données en champ lointain. La figure 47 illustre un exemple de montage d'essai typique.

4.25.2 *Appareillage*

4.25.2.1 *Source lumineuse*

Il est nécessaire d'utiliser une source appropriée de lumière incohérente, telle qu'une lampe à filament en tungstène, qui produit un rayonnement suffisant à la (aux) longueur(s) d'onde de mesure prévue(s).

Il est possible d'utiliser un monochromateur ou un (des) filtre(s) interférentiel(s) pour la sélection des longueurs d'onde. L'intensité de la source doit être stable pendant un intervalle de temps suffisamment long pour permettre d'effectuer la mesure. La (les) longueur(s) d'onde à utiliser doit (doivent) être indiquée(s) dans la spécification particulière. La largeur des raies spectrales de la source filtrée doit être inférieure ou égale à 10 nm à LMH (Largeur à mi-hauteur).

4.25.2.2 *Dispositif optique d'entrée*

Il est possible d'utiliser un système de lentilles optiques ou une fibre amorce pour exciter la fibre en essai. Il est souhaitable que la puissance couplée dans la fibre en essai soit relativement insensible à la position de la face de l'extrémité d'entrée de la fibre en essai.

Ceci peut être réalisé à l'aide d'un faisceau d'injection qui sature spatialement et angulairement la fibre en essai. Si une épissure en bout à bout est utilisée, il est nécessaire d'utiliser une substance adaptatrice d'indices entre la fibre amorce et la fibre en essai pour éviter les phénomènes d'interférences au niveau du joint. Le couplage doit être stable pendant toute la durée de l'essai.

4.25.2.3 *Extracteur de modes de gaine*

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif d'extraction de modes de gaine. Dans certains cas, c'est le revêtement de la fibre qui assure cette fonction.

4.25 Method IEC 793-1-C9B – Mode field diameter measurement – Variable aperture method in the far field

4.25.1 Object

4.25.1.1 This test method describes a procedure for measuring the mode field diameter, $2W_0$, of a single-mode fibre, by measuring power from the fibre far field output distribution through a series of transmitting apertures of various sizes. This test applies to single-mode fibres categories B1 to B3 operating near 1 300 nm or 1 550 nm.

4.25.1.2 The mathematical basis for the calculation of mode field diameter is based on the Petermann r.m.s. far field definition (see 4.24.5).

4.25.1.3 The variable aperture far field method for obtaining the mode field diameter of a single-mode fibre is a two-step procedure. First, the two-dimensional far field pattern is measured as the power passing through apertures of various size. Second, a mathematical procedure is used to calculate the mode field diameter from the far field data. A typical test set-up is illustrated in Figure 47.

4.25.2 Apparatus

4.25.2.1 Light source

A suitable incoherent source, such as a tungsten filament lamp, which produces sufficient radiation at the intended measurement wavelength(s) shall be used.

A monochromator or interference filter(s) may be used for wavelength selection. The source shall be stable in intensity over a time period sufficient to perform the measurement. The wavelength(s) to be used shall be specified in the detail specification. The nominal line width of the filtered source shall be less than or equal to 10 nm full width half maximum (FWHM).

4.25.2.2 Input optics

An optical lens system or fibre pigtail may be employed to excite the test fibre. It is recommended that the power coupled into the test fibre be relatively insensitive to the position of the input end face of the test fibre.

This can be accomplished by using a launch beam that spatially and angularly overfills the test fibre. If a butt splice is used, index matching material shall be employed between the fibre pigtail and test fibre to avoid interference effects at the joint. The coupling shall be stable for the duration of the test.

4.25.2.3 Cladding mode stripper

A device that extracts cladding modes shall be employed. Under some circumstances the fibre coating will perform this function.

4.25.2.4 *Filtre de modes d'ordre supérieur*

Il est nécessaire d'utiliser une méthode pour empêcher la propagation des modes d'ordre supérieur à la (aux) longueur(s) d'onde d'essai. Par exemple, une courbure à une spire d'un rayon de 30 mm environ de la fibre en essai suffit généralement.

4.25.2.5 *Ensemble à ouvertures variables de sortie*

Un dispositif, composé d'ouvertures de transmission circulaires de diverses tailles (par exemple: une roue munie d'ouvertures), doit être placé à une distance minimale de $100 W_0^2/\lambda$ de la fibre et utilisé pour faire varier la puissance obtenue à partir du diagramme de rayonnement de sortie de la fibre en champ lointain. De manière générale, les ouvertures sont placées à une distance de 20 mm à 50 mm de l'extrémité de la fibre. Il est nécessaire d'utiliser un moyen permettant d'aligner les ouvertures par rapport au diagramme de rayonnement, afin de réduire la sensibilité à l'angle formé avec l'extrémité de la fibre. Il faut utiliser un nombre et des tailles suffisantes d'ouvertures pour ne pas fausser les résultats des mesures par l'introduction d'une éventuelle ouverture supplémentaire. En outre, il est nécessaire de faire en sorte que la taille des plus grandes ouvertures soit suffisante pour éviter de tronquer le diagramme de rayonnement obtenu.

4.25.2.5.1 *Exigences relatives à l'équipement nécessaire à la fibre de catégorie B1:*

La précision de la mesure du diamètre du champ de mode fournie par cette méthode dépend de l'ouverture numérique maximale du montage d'essai. Pour ce qui concerne la fibre de catégorie B1, dont les diamètres du champ de mode sont compris entre 8,7 μm et 10 μm , l'erreur est généralement égale ou inférieure à 1 % pour un montage d'essai ayant une ouverture numérique maximale de 0,25. Si on désire obtenir une erreur moins importante, ou si l'échantillon en essai a un diamètre du champ de mode inférieur à 8,2 μm , il est possible d'utiliser l'une des deux approches suivantes:

- a) il est nécessaire d'utiliser un système d'essai ayant une ouverture numérique égale ou supérieure à 0,35, ou
- b) il est nécessaire de déterminer une fonction graphique permettant de relier la mesure de la fibre de catégorie B1 effectuée sur un montage d'essai à ouverture limitée à celle d'un montage d'essai ayant une ouverture numérique égale ou supérieure à 0,35.

4.25.2.5.2 *Exigences relatives à l'équipement nécessaire aux fibres de catégories B2 et B3:*

L'ouverture numérique maximale du montage d'essai doit être égale ou supérieure à 0,40 pour des fibres dont les diamètres du champ de mode sont égaux ou supérieurs à 6 μm .

4.25.2.6 *Dispositif de positionnement de sortie*

Il est nécessaire de prévoir un dispositif tel qu'un microscope à vision latérale ou un appareil photographique muni d'un réticule pour localiser la fibre à une distance fixe par rapport aux ouvertures. Un réglage longitudinal seul peut s'avérer suffisant si la fibre est maintenue dans le plan latéral par un dispositif tel qu'un mandrin à succion. (Ceci dépend essentiellement de la taille du détecteur de lumière).

4.25.2.7 *Dispositif optique de sortie*

Un système optique, tel qu'une paire de lentilles, des miroirs, ou autre dispositif approprié doit être utilisé pour collecter toute la lumière transmise à travers l'ouverture, et la coupler au détecteur.

4.25.2.4 High Order Mode Filter

A method shall be employed to remove high order propagating modes at the test wavelength(s). For example, a one-turn bend of radius of approximately 30 mm in the test fibre is generally sufficient.

4.25.2.5 Output Variable Aperture Assembly

A device consisting of round transmitting apertures of various sizes (such as an aperture wheel), shall be placed a distance of at least $100 W_0^2/\lambda$ from the fibre, and is used to vary the power detached from the fibre output far field pattern. Typically, the apertures are located 20 mm to 50 mm away from the fibre end. Means of centering the apertures with respect to the pattern shall be employed to decrease sensitivity to fibre end angle. Sufficient number and sizes of apertures shall be employed such that the measurement results are not unduly affected by the inclusion of any additional aperture. In addition, care shall be taken to ensure that the largest apertures are of sufficient size to avoid truncation of the collected pattern.

4.25.2.5.1 Equipment requirements for category B1 fibre:

The accuracy of the Mode Field Diameter measurement provided by this procedure depends on the maximum numerical aperture of the test set. For category B1 fibre, with nominal mode field diameters in the range of 8,7 μm to 10 μm , the error is typically 1% or less for a test set with a maximum numerical aperture of 0.25. If less error is desired, or if the test sample has a mode field diameter less than 8,2 μm , either of two approaches may be used:

- a) a test system with a maximum numerical aperture of 0,35 or greater shall be used, or
- b) a mapping function shall be determined that relates the measurement of category B1 fibre on limited aperture test set to that of a test set with 0.35 or greater numerical aperture.

4.25.2.5.2 Equipment requirements for category B2 and B3 fibre:

The maximum numerical aperture of the test set shall be equal to or greater than 0,40 for fibres with mode field diameters equal to or greater than 6 μm .

4.25.2.6 Output positioner

Means such as a side-viewing microscope or camera with a crosshair shall be provided to locate the fibre at a fixed distance from the apertures. It may be sufficient to provide only longitudinal adjustment if the fibre is constrained in the lateral plane by a device such as a vacuum chuck. (This depends mainly upon the size of the light detector.)

4.25.2.7 Output optics

An optical system, such as a pair of lenses, mirrors, or other suitable arrangement, shall be used to collect all the light transmitted through the aperture, and to couple it to the detector.

4.25.2.8 Ensemble détecteur et dispositif électronique de détection des signaux

Il est nécessaire d'utiliser un détecteur sensible sur toute la plage des longueurs d'onde à mesurer, et linéaire sur toute la plage des intensités rencontrées. Un système typique peut comporter une photodiode au germanium ou au InGaAs, fonctionnant dans un mode photovoltaïque, et un préamplificateur de courant, la détection synchrone étant assurée par un amplificateur à verrouillage. De manière générale, un ordinateur est prescrit pour l'analyse des données.

4.25.3 Echantillon en essai

4.25.3.1 La longueur de l'échantillon en essai doit être connue, c'est-à-dire une longueur généralement de $2 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ d'une fibre unimodale.

4.25.3.2 Il est nécessaire de préparer une surface plane à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai.

4.25.4 Procédure d'essai

4.25.4.1 La fibre en essai, préparée conformément aux prescriptions de 4.25.3, doit être placée dans les dispositifs d'alignement des entrées et des sorties, et sa distance correctement ajustée par rapport à l'ensemble à ouvertures.

4.25.4.2 L'ensemble à ouvertures doit être réglé sur une ouverture de petite taille et l'alignement latéral champ lointain-ouverture doit être ajusté pour une puissance détectée maximale.

4.25.4.3 La puissance détectée doit être mesurée pour chacune des ouvertures.

4.25.4.4 Répéter la procédure décrite en 4.25.4.3 pour chaque longueur d'onde de mesure spécifiée.

4.25.5 Calcul

4.25.5.1 Le diamètre du champ de mode peut être calculé à l'aide de la fonction d'ouverture complémentaire, $a(\theta)$ donnée par la relation suivante:

$$a(\theta) = 1 - \frac{P(\theta)}{P_{\max}} \quad (1)$$

où

$P_{\max}$ est la puissance passant à travers l'ouverture la plus grande.

4.25.5.2 Le diamètre du champ de mode est alors calculé selon la relation suivante:

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left[\int_0^\infty a(\theta) \sin 2\theta \, d\theta \right]^{-1/2} \text{ en micromètres} \quad (2)$$

4.25.2.8 *Detector assembly and signal detection electronics*

A detector that is sensitive to the output radiation over the range of wavelengths to be measured and that is linear over the range of intensities encountered shall be used. A typical system might include a germanium or GaInAs photodiode, operating in the photo-voltaic mode, and a current-sensitive preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier. Generally, a computer is required to analyze the data.

4.25.3 *Test Sample*

4.25.3.1 The test sample shall be a known length typically $2 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ of single-mode fibre.

4.25.3.2 A flat end face shall be prepared at the input and output ends of the test sample.

4.25.4 *Test Procedure*

4.25.4.1 The test fibre, prepared as described in 4.25.3, shall be placed in the input and output alignment devices, and adjusted for correct distance to the aperture assembly.

4.25.4.2 The aperture assembly shall be set to a small aperture and the far field to aperture lateral alignment adjusted for maximum detected power.

4.25.4.3 The detected power shall be measured for each of the apertures.

4.25.4.4 Repeat 4.25.4.3 for each specified measurement wavelength.

4.25.5 *Calculation*

4.25.5.1 The mode field diameter can be calculated using the complimentary aperture function, $a(\theta)$, given as:

$$a(\theta) = 1 - \frac{P(\theta)}{P_{\max}} \quad (1)$$

where

$P_{\max}$ is the power through the largest aperture.

4.25.5.2 The mode field diameter is then calculated as:

$$2W_0 = \frac{\sqrt{2} \lambda}{\pi} \left[\int_0^\infty a(\theta) \sin 2\theta \, d\theta \right]^{-1/2} \text{ in micrometres} \quad (2)$$

4.25.5.3 Ensemble des données de calcul

Les données suivantes relatives à l'échantillon ont été fournies pour essayer la mise en oeuvre du logiciel des calculs ci-dessus. Les détails de la méthode de calcul peuvent donner des différences de l'ordre de 0,01 μm dans la valeur calculée.

Tableau 6 – Données relatives à l'échantillon

θ_i , degré	Puissance	θ_i , degré	Puissance	$2 W_0$
1,273	0,08572	10,367	0,70823	8,163 μm
2,201	0,20864	11,172	0,71450	
2,930	0,31250	11,944	0,71934	
3,820	0,42322	13,216	0,72510	
4,631	0,50908	14,879	0,72971	
5,403	0,56777	16,671	0,73306	
6,271	0,61360	18,275	0,73474	
7,107	0,64690	20,042	0,73582	
7,776	0,66785	21,788	0,73584	
8,663	0,68643	23,478	0,73616	
9,558	0,69963			

4.25.6 Résultats

46.3.6.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- La date de l'essai.
- Le titre de l'essai.
- L'identification de l'échantillon en essai.
- La longueur d'onde de la source optique.
- Le(s) diamètre(s) du champ de mode, $2 W_0$, exprimé(s) en micromètres.
- L'humidité relative et la température ambiante.

4.25.6.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

- Le type de source optique utilisé.
- La description du dispositif optique d'entrée.
- La description de la méthode d'extraction de modes de gaine.
- La description du filtre de modes d'ordre supérieur.
- La description de l'ensemble à ouvertures, du dispositif optique de sortie dans le détecteur.
- La description de l'équipement de traitement des signaux.
- Les détails relatifs aux méthodes de calcul.
- La date du dernier étalonnage de l'équipement d'essai.

4.25.5.3 Calculation Data Set

The following sample data has been provided to test software implementation of the above calculations. Details of the calculation method may cause differences in computed value on the order of 0,01 μm .

Table 6 – Sample data

θ_i , degree	Power	θ_i , degree	Power	$2 W_0$
1,273	0,08572	10,367	0,70823	8,163 μm
2,201	0,20864	11,172	0,71450	
2,930	0,31250	11,944	0,71934	
3,820	0,42322	13,216	0,72510	
4,631	0,50908	14,879	0,72971	
5,403	0,56777	16,671	0,73306	
6,271	0,61360	18,275	0,73474	
7,107	0,64690	20,042	0,73582	
7,776	0,66785	21,788	0,73584	
8,663	0,68643	23,478	0,73616	
9,558	0,69963			

4.25.6 Results

4.25.6.1 The following information shall be reported with each test:

Date of test.

Title of test.

Test sample identification.

Optical source wavelength.

Mode field diameter(s), $2 W_0$, in micrometres.

Relative humidity and ambient temperature.

4.25.6.2 The following information shall be available upon request.

Type of optical source used.

Description of input optics.

Description of method of cladding mode stripping.

Description of high order mode filter.

Description of the aperture assembly, output optics in detector assembly.

Description of signal processing equipment.

Details of computation techniques.

Date of latest test equipment calibration.

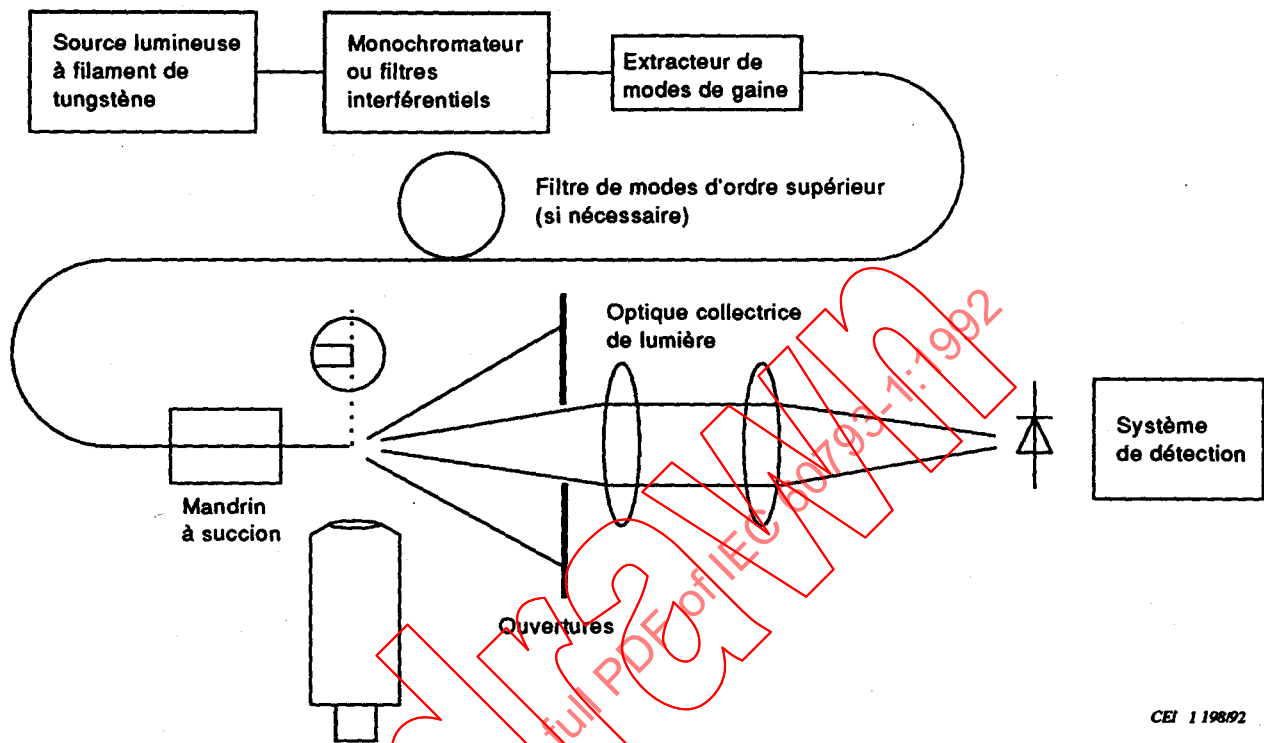


Figure 47

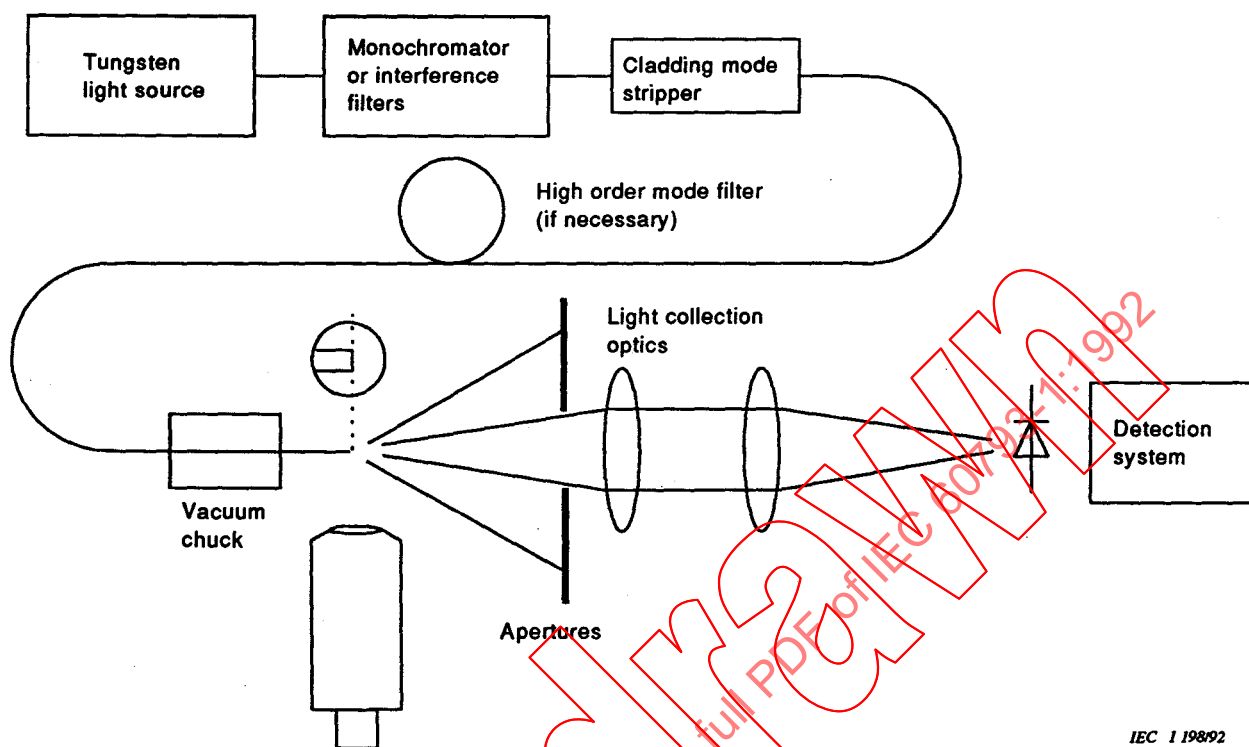


Figure 47

IEC 119892

4.26 Méthode CEI 793-1-C9C – Mesure du diamètre du champ de mode par la méthode d'exploration en champ proche

4.26.1 *Objet*

4.26.1.1 Cette méthode décrit une procédure de mesure du diamètre du champ de mode, $2W_0$, d'une fibre unimodale par la mesure de la répartition du rayonnement de la fibre en champ proche. Cette méthode d'essai s'applique aux fibres unimodales de catégories B1, B2 et B3 de la CEI 793-2, fonctionnant au voisinage de 1 310 nm ou 1 550 nm.

4.26.1.2 La base mathématique du calcul du diamètre du champ de mode se fonde sur la définition du champ proche efficace de Petermann (voir 4.26.5).

4.26.1.3 La méthode d'exploration en champ proche pour obtenir le diamètre du champ de mode d'une fibre unimodale est une procédure en deux étapes. Le diagramme de rayonnement en champ proche et d'abord mesuré, puis une procédure mathématique est utilisée pour calculer le diamètre de champ de mode à partir des données de champ proche. La figure 48 illustre des montages d'essai type.

4.26.2 *Appareillage*

4.26.2.1 *Source lumineuse*

Une source lumineuse appropriée, cohérente ou non cohérente, telle qu'un laser à semi-conducteur ou une source de lumière blanche filtrée suffisamment puissante doit être utilisée. L'intensité de la source doit rester stable pendant toute la durée des essais.

Si nécessaire, il est admis d'utiliser pour la sélection de la longueur d'onde, un monochromateur ou un (ou des) filtre(s) interférentiel(s). La longueur d'onde de la source doit être précisée dans la spécification particulière.

Sauf indication contraire, la largeur à mi-hauteur (LMH) de la raie spectrale de la source doit être inférieure ou égale à 10 nm.

4.26.2.2 *Système optique d'entrée*

Il est admis d'utiliser un système de lentilles optiques ou une fibre amorce pour exciter la fibre en essai. Il est recommandé que la puissance couplée dans la fibre en essai soit relativement insensible à la position de la face d'entrée de la fibre en essai. Cela peut être réalisé en utilisant un faisceau d'injection permettant une saturation à la fois spatiale et angulaire de la fibre.

Si une connexion bout à bout est utilisée, un matériau d'adaptation d'indice doit être employé entre la fibre amorce et la fibre en essai pour éviter les phénomènes d'interférence. Le couplage doit rester stable pendant toute la durée de l'essai.

4.26.2.3 *Extracteur de modes de gaine*

Un dispositif pour extraire les modes de gaine doit être employé. Dans certains cas, le revêtement de la fibre assurera cette fonction.