

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-4

Deuxième édition
Second edition
2001-02

Fibres optiques –

**Partie 1-4:
Spécification générique –
Méthodes de mesure des caractéristiques
optiques et de transmission**

Optical fibres –

**Part 1-4:
Generic specification –
Measuring methods for transmission and
optical characteristics**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-4:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-4

Deuxième édition
Second edition
2001-02

Fibres optiques –

**Partie 1-4:
Spécification générique –
Méthodes de mesure des caractéristiques
optiques et de transmission**

Optical fibres –

**Part 1-4:
Generic specification –
Measuring methods for transmission and
optical characteristics**

© IEC 2001 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XF**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	14
Articles	
1 Domaine d'application et objet	18
2 Références normatives	18
3 Essais relatifs aux caractéristiques optiques et de transmission	18
4 Affaiblissement	20
5 Définitions opérationnelles	22
6 Description des méthodes de mesure de l'affaiblissement	22
7 Méthode CEI 60793-1-C1A – Méthode de la fibre coupée	24
7.1 Conditions d'injection	24
7.2 Exemples de conditions d'injection	28
7.3 Appareillage	30
7.4 Procédure	30
7.5 Résultats	32
8 Méthode CEI 60793-1-C1B – Méthode des pertes d'insertion	36
8.1 Objet	36
8.2 Conditions d'injection	36
8.3 Appareillage	36
8.4 Procédure	36
8.5 Résultats	38
9 Méthode CEI 60793-1-C1C – Technique de rétrodiffusion	42
9.1 Objet	42
9.2 Appareillage	42
9.3 Echantillon en essai	46
9.4 Procédure d'essai – Mesure de l'affaiblissement d'une fibre ou d'un câble à l'aide d'un RODT	46
9.5 Procédure d'essai – Mesure de la longueur d'une fibre ou d'un câble à l'aide d'un RODT	50
9.6 Procédure d'essai – Mesure des discontinuités ponctuelles d'une fibre à l'aide d'un RODT	54
9.7 Résultats	58
10 Méthode CEI 60793-1-C1D – Modélisation de l'affaiblissement spectral	70
10.1 Objet	70
10.2 Appareillage	70
10.3 Echantillon en essai	70
10.4 Procédure d'essai	70
10.5 Calculs	70
10.6 Résultats	72
11 Réponse modale en bande de base	74
11.1 Définitions	74
11.2 Définitions opérationnelles	74

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	15
Clause	
1 Scope and object.....	19
2 Normative references	19
3 Tests of transmission and optical characteristics	19
4 Attenuation.....	21
5 Operational definitions.....	23
6 Description of attenuation measuring techniques	23
7 Method IEC 60793-1-C1A – Cut-back technique	25
7.1 Launching conditions.....	25
7.2 Examples of launching conditions.....	29
7.3 Apparatus.....	31
7.4 Procedure	31
7.5 Results.....	33
8 Method IEC 60793-1-C1B – Insertion loss technique	37
8.1 Object	37
8.2 Launching conditions.....	37
8.3 Apparatus.....	37
8.4 Procedure	37
8.5 Results.....	39
9 Method IEC 60793-1-C1C – Backscattering technique.....	43
9.1 Object.....	43
9.2 Apparatus.....	43
9.3 Test sample	47
9.4 Test procedure – Measurement of fibre or cable attenuation using an OTDR.....	47
9.5 Test procedure – Measurement of fibre or cable length using an OTDR	51
9.6 Test procedure – Measurement of fibre point discontinuities using an OTDR.....	55
9.7 Results.....	59
10 Method IEC 60793-1-C1D – Spectral attenuation modelling.....	71
10.1 Object	71
10.2 Apparatus.....	71
10.3 Test sample	71
10.4 Test procedure	71
10.5 Calculations	71
10.6 Results.....	73
11 Modal baseband response.....	75
11.1 Definitions	75
11.2 Operational definitions.....	75

Articles	Pages
12 Description des méthodes de mesure de réponse en bande de base	76
13 Méthode CEI 60793-1-C2A – Réponse impulsionnelle	76
13.1 Conditions d'injection	76
13.2 Appareillage	76
13.3 Procédure	78
13.4 Résultats	80
14 Méthode CEI 60793-1-C2B – Réponse fréquentielle	82
14.1 Conditions d'injection	82
14.2 Appareillage	82
14.3 Procédure	82
14.4 Résultats	82
15 Méthode CEI 60793-1-C3 – Sensibilité aux microcourbures	86
15.1 Description	86
15.2 Méthode CEI 60793-1-C3A – Tambour expansible	86
15.3 Méthode CEI 60793-1-C3B – Tambour à diamètre fixe	90
15.4 Méthode CEI 60793-1-C3C – Essai de microcourbure sur treillis	92
16 Méthode CEI 60793-1-C4 – Energie lumineuse transmise ou rayonnée	96
16.1 Définitions	96
16.2 Objet	96
16.3 Equipement	98
16.4 Procédure	98
16.5 Résultats	100
17 Méthode CEI 60793-1-C5A – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage	102
17.1 Objet	102
17.2 Appareillage	104
17.3 Echantillon en essai et fibre d'étalonnage	108
17.4 Procédure d'essai	110
17.5 Résultats	112
18 Méthode CEI 60793-1-C5B – Mesure de la dispersion chromatique par la méthode de mesure du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel	120
18.1 Objet	120
18.2 Appareillage	120
18.3 Echantillon en essai	124
18.4 Procédure d'essai	124
18.5 Résultats	128
19 Méthode CEI 60793-1-C5C – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage différentiel	132
19.1 Objet	132
19.2 Appareillage	132
19.3 Echantillon en essai	138
19.4 Procédure d'essai	138
19.5 Résultats	140

Clause	Page
12 Description of baseband response measuring methods	77
13 Method IEC 60793-1-C2A – Impulse response	77
13.1 Launching conditions.....	77
13.2 Apparatus.....	77
13.3 Procedure	79
13.4 Results.....	81
14 Method IEC 60793-1-C2B – Frequency response	83
14.1 Launching conditions.....	83
14.2 Apparatus.....	83
14.3 Procedure	83
14.4 Results.....	83
15 Method IEC 60793-1-C3 – Microbending sensitivity.....	87
15.1 Description	87
15.2 Method IEC 60793-1-C3A – Expandable drum.....	87
15.3 Method IEC 60793-1-C3B – Fixed diameter drum.....	91
15.4 Method IEC 60793-1-C3C – Wire mesh microbending test method	93
16 Method IEC 60793-1-C4 – Transmitted or radiated light power.....	97
16.1 Definitions	97
16.2 Object	97
16.3 Apparatus.....	99
16.4 Procedure	99
16.5 Results.....	101
17 Method IEC 60793-1-C5A – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the phase-shift method	103
17.1 Object.....	103
17.2 Apparatus.....	105
17.3 Test sample and calibration fibre.....	109
17.4 Test procedure.....	111
17.5 Results.....	113
18 Method IEC 60793-1-C5B – Chromatic dispersion measurement by spectral group delay measurement in the time domain.....	121
18.1 Object.....	121
18.2 Apparatus.....	121
18.3 Test sample	125
18.4 Test procedure	125
18.5 Results.....	129
19 Method IEC 60793-1-C5C – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the differential phase-shift method	133
19.1 Object	133
19.2 Apparatus.....	133
19.3 Test sample	139
19.4 Test procedure	139
19.5 Results.....	141

Articles	Pages
20 Méthode CEI 60793-1-C5D – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par interférométrie.....	150
20.1 Objet.....	150
20.2 Echantillon.....	150
20.3 Appareillage.....	150
20.4 Procédure.....	152
20.5 Calculs.....	154
21 Mesures de la dispersion chromatique.....	158
21.1 Fibres multimodales A1 et unimodales B1.....	158
21.2 Fibres de catégorie B2.....	160
21.3 Fibres de catégorie B3.....	160
22 Méthode CEI 60793-1-C6 – Ouverture numérique – Répartition de la lumière en champ lointain.....	162
22.1 Définitions opérationnelles – Ouverture numérique.....	162
22.2 Méthode CEI 60793-1-C6 – Répartition de la lumière en champ lointain.....	162
23 Longueur d'onde de coupure.....	174
24 Méthode CEI 60793-1-C7 – Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre unimodale.....	174
24.1 Objet.....	174
24.2 Description.....	176
24.3 Appareillage.....	178
24.4 Echantillon en essai.....	180
24.5 Procédure d'essai.....	182
24.6 Calculs.....	184
24.7 Résultats.....	190
25 Diamètre du champ de mode.....	196
25.1 Définitions.....	198
26 Méthode CEI 60793-1-C9A – Mesure du diamètre du champ de mode – Méthode d'exploration directe du champ lointain.....	200
26.1 Objet.....	200
26.2 Appareillage.....	200
26.3 Echantillon en essai.....	202
26.4 Procédure d'essai.....	202
26.5 Calculs.....	204
26.6 Résultats.....	204
27 Méthode CEI 60793-1-C9B – Mesure du diamètre du champ de mode – Technique de l'ouverture variable en champ lointain.....	206
27.1 Objet.....	206
27.2 Appareillage.....	206
27.3 Echantillon en essai.....	210
27.4 Procédure d'essai.....	210
27.5 Calcul.....	210
27.6 Résultats.....	212

Clause	Page
20 Method IEC 60793-1-C5D – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by interferometry	151
20.1 Object	151
20.2 Specimen	151
20.3 Apparatus	151
20.4 Procedure	153
20.5 Calculations	155
21 Chromatic dispersion measurements	159
21.1 A1 multimode and B1 single-mode fibres	159
21.2 Category B2 fibres	161
21.3 Category B3 fibres	161
22 Method IEC 60793-1-C6 – Numerical aperture – Far field light distribution	163
22.1 Operational definitions – Numerical aperture	163
22.2 Method IEC 60793-1-C6 – Far field light distribution	163
23 Cut-off wavelength	175
24 Method IEC 60793-1-C7 – Cut-off wavelength measurement of single-mode fibre	175
24.1 Object	175
24.2 Description	177
24.3 Apparatus	179
24.4 Test sample	181
24.5 Test procedure	183
24.6 Calculations	185
24.7 Results	191
25 Mode field diameter	197
25.1 Definitions	199
26 Method IEC 60793-1-C9A – Mode field diameter measurement – Direct far field scanning method	201
26.1 Object	201
26.2 Apparatus	201
26.3 Test sample	203
26.4 Test procedure	203
26.5 Calculations	205
26.6 Results	205
27 Method IEC 60793-1-C9B – Mode field diameter measurement – Variable aperture method in the far field	207
27.1 Object	207
27.2 Apparatus	207
27.3 Test sample	211
27.4 Test procedure	211
27.5 Calculation	211
27.6 Results	213

Articles	Pages
28 Méthode CEI 60793-1-C9C – Mesure du diamètre du champ de mode par la méthode d'exploration en champ proche	214
28.1 Objet	214
28.2 Appareillage	214
28.3 Echantillon en essai	218
28.4 Procédure d'essai	218
28.5 Calculs	220
28.6 Résultats	220
29 Méthode CEI 60793-1-C9D: Caractérisation du diamètre du champ de mode des fibres optiques unimodales par RODT	226
29.1 Objet	226
29.2 Appareillage	226
29.3 Procédure	228
29.4 Calculs	230
29.5 Résultats	228
30 Variation du facteur de transmission optique	234
31 Méthode CEI 60793-1-C10A – Contrôle en puissance transmise	234
31.1 Objet	234
31.2 Préparation de l'échantillon	236
31.3 Appareillage	236
31.4 Conditions d'injection	238
31.5 Echantillon de référence	238
31.6 Procédure	238
31.7 Résultats	238
32 Méthode CEI 60793-1-C10B – Contrôle en rétrodiffusion	240
32.1 Objet	240
32.2 Préparation de l'échantillon	242
32.3 Appareillage	242
32.4 Procédure	242
32.5 Résultats	242
33 Méthode CEI 60793-1-C11 – Sensibilité aux macrocourbures	244
33.1 Objet	244
33.2 Appareillage	244
33.3 Procédure	244
33.4 Résultats	244
Annexe A (normative) Ensemble de données relatives au diamètre du champ de mode – Intégrale de Petermann en champ lointain	246
Figure 1 – Montage général d'injection	32
Figure 2 – Montage optique d'injection à limitation spatiale	34
Figure 3 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement à une longueur d'onde spécifiée	34
Figure 4 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement spectral	34
Figure 5 – Dispositif d'étalonnage de la mesure des pertes d'insertion	40
Figure 6 – Mesure des pertes d'insertion	40
Figure 7 – Schéma fonctionnel d'un RODT	60

Clause	Page
28 Method IEC 60793-1-C9C – Mode field diameter measurement near field scan method.....	215
28.1 Object	215
28.2 Apparatus.....	215
28.3 Test sample	219
28.4 Test procedure	219
28.5 Calculations	221
28.6 Results.....	221
29 Method IEC 60793-1-C9D – Characterization of mode field diameter of single-mode optical fibre by OTDR	227
29.1 Object	227
29.2 Apparatus.....	227
29.3 Procedure	229
29.4 Calculations	231
29.5 Results.....	235
30 Change in optical transmittance.....	235
31 Method IEC 60793-1-C10A – Transmitted power monitoring.....	235
31.1 Object	235
31.2 Sample preparation	237
31.3 Apparatus.....	237
31.4 Launching conditions.....	239
31.5 Reference sample	239
31.6 Procedure	239
31.7 Results.....	239
32 Method IEC 60793-1-C10B – Backscattering monitoring.....	241
32.1 Object	241
32.2 Sample preparation.....	243
32.3 Apparatus.....	243
32.4 Procedure	243
32.5 Results.....	243
33 Method IEC 60793-1-C11 – Macrobending sensitivity	245
33.1 Object	245
33.2 Apparatus.....	245
33.3 Procedure	245
33.4 Results.....	245
Annex A (normative) Mode field diameter data set for far field Petermann integral.....	247
Figure 1 – General launch arrangement.....	33
Figure 2 – Limited phase space launch optics.....	35
Figure 3 – Arrangement of test equipment to make loss measurement at one specified wavelength.....	35
Figure 4 – Arrangement of test equipment used to obtain the loss spectrum	35
Figure 5 – Calibration of insertion loss measuring set	41
Figure 6 – Measurement of insertion loss.....	41
Figure 7 – Block diagram of an OTDR.....	41

Figure 8 – Représentation schématique de la trace, sur un RODT, relative à un échantillon en essai «homogène» précédé d'une fibre amorce.....	62
Figure 9 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai «homogène» non précédé d'une fibre amorce.....	62
Figure 10 – 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).....	64
Figure 11 – 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).....	64
Figure 12 – 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).....	66
Figure 13 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_D à z_2) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur connue z_D (méthode à un seul point: méthode C)	66
Figure 14 – Représentation schématique de la trace d'un RODT. Deux discontinuités ponctuelles sont illustrées avec la perte apparente: l'une est réfléchissante et l'autre est non réfléchissante.....	68
Figure 15 – Représentation schématique de la trace agrandie d'un RODT. Deux discontinuités ponctuelles sont illustrées: l'un présente un gain apparent et l'autre ne présente ni perte apparente ni gain apparent.....	68
Figure 16 – Mesure de la réponse en bande de base modale – Exemple de mesure de la réponse impulsionnelle.....	80
Figure 17 – Mesure de la réponse en bande de base modale – Exemple de mesure de la réponse fréquentielle	84
Figure 18 – Diagramme schématique d'essai de microcourbure.....	96
Figure 19 – Dispositif typique de mesure de l'énergie lumineuse transmise ou rayonnée	102
Figure 20 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes laser multiples (exemple type).....	114
Figure 21 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes électroluminescentes (exemple type)	116
Figure 22 – Courbes typiques des temps de propagation et des dispersions.....	118
Figure 23 – Schéma fonctionnel – Système laser à fibre Raman.....	128
Figure 24 – Schéma fonctionnel – Système à diodes laser multiples.....	130
Figure 25 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes laser multiples	142
Figure 26 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à DEL	144
Figure 27 – Montage d'essai de dispersion chromatique des fibres – Phase différentielle par la méthode à double longueur d'onde	146
Figure 28 – Montage d'essai de dispersion chromatique des fibres – Phase différentielle par double démodulation.....	148
Figure 29 – Ensemble d'essai de dispersion chromatique de fibre – Interférométrie par chemin de référence de fibre	154
Figure 30 – Ensemble d'essai de dispersion chromatique de fibre – Interférométrie par chemin dans l'air de référence	156

Figure 8 – Schematic OTDR trace for a "uniform" test sample preceded by a dead-zone fibre.....	63
Figure 9 – Schematic OTDR trace for a "uniform" test sample not preceded by a dead-zone fibre.....	63
Figure 10 – Schematic OTDR trace of a test sample (z_1 to z_0) 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).....	65
Figure 11 – 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 with a reflection pulse from the fibre joint point (two-point method A).....	65
Figure 12 – Schematic OTDR trace of a test sample (0 to z_2) with no section preceding it (single-point method B).....	67
Figure 13 – 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).....	67
Figure 14 – Schematic of an OTDR trace. Point discontinuities with apparent loss are shown, one reflective and one non-reflective.....	69
Figure 15 – Schematic of an expanded OTDR trace. Two point discontinuities are shown, one with apparent gain and another with no apparent loss or gain.....	69
Figure 16 – Modal baseband response measurement – Example of impulse response measurement.....	81
Figure 17 – Modal baseband response measurement – Example of frequency response measurement.....	85
Figure 18 – Schematic diagram of microbend test.....	97
Figure 19 – Typical arrangement for transmitted or radiated light power test.....	103
Figure 20 – Chromatic dispersion test set – Multiple laser system (typical).....	115
Figure 21 – Chromatic dispersion test set – LED system (typical).....	117
Figure 22 – Typical delay and dispersion curves.....	119
Figure 23 – Block diagram – Fibre Raman laser system.....	129
Figure 24 – Block diagram – Multiple laser diodes system.....	131
Figure 25 – Chromatic dispersion test set – Multiple laser diodes system.....	143
Figure 26 – Chromatic dispersion test set – LED system.....	145
Figure 27 – Fibre chromatic dispersion test set – Differential phase by dual wavelength method.....	147
Figure 28 – Fibre chromatic dispersion test set – Differential phase by double demodulation.....	149
Figure 29 – Fibre chromatic dispersion test set – Interferometry by fibre reference path.....	155
Figure 30 – Fibre chromatic dispersion test set – Interferometry by air reference path.....	157

	Pages
Figure 31 – Détermination du temps de propagation de groupe spectral	156
Figure 32a – Méthode A.....	172
Figure 32b – Méthode B.....	172
Figure 32c – Méthode C.....	174
Figure 33 – Configuration 1 par défaut relative au déploiement d'une fibre câblée pour mesurer λ_{cc}	192
Figure 34 – Configuration 2 par défaut relative au déploiement d'une fibre non câblée pour mesurer λ_{cc}	192
Figure 35 – Configuration par défaut pour mesurer λ_c	194
Figure 36 – Détermination de la longueur d'onde de coupure en câble par la méthode A de la fibre de référence courbée	194
Figure 37 – Détermination de la longueur d'onde de coupure en câble par la méthode B de la fibre de référence multimodale	196
Figure 38 – Montage de mesure en champ lointain	206
Figure 39 – Montage d'essai pour la mesure du diamètre de champ de mode – Technique de l'ouverture variable en champ lointain	214
Figure 40 – Montage de mesure en champ proche.....	224
Figure 41 – Disposition d'interrupteur optique.....	228
Figure 42 – Vue de la fibre de référence A.....	230
Figure 43 – Vue de la fibre de référence B.....	230
Figure 44 – Exemple de validation: comparaison des méthodes.....	232
Figure 45a – Méthode utilisant un échantillon de référence	240
Figure 45b – Méthode utilisant une source stabilisée	240
Figure 45 – Dispositifs d'essai pour la mesure des variations du facteur de transmission optique par la méthode de la puissance transmise	240
Tableau 1 – Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques	20
Tableau 2 – Longueur d'onde nominale de la source et largeur spectrale	78
Tableau 3 – Données relatives à l'échantillon	212
Tableau 4 – Données en champ proche	222
Tableau 5 – Principales méthodes CEI pour la mesure du diamètre de champ de mode	226

	Page
Figure 31 – Determination of the spectral group delay	157
Figure 32a – Method A.....	173
Figure 32b – Method B.....	173
Figure 32c – Method C.....	175
Figure 33 – Default configuration 1 for cabled fibre deployment to measure λ_{cc}	193
Figure 34 – Default configuration 2 for uncabled fibre deployment to measure λ_{cc}	193
Figure 35 – Default configuration to measure λ_c	195
Figure 36 – Cable cut-off wavelength determination by the bend reference method A.....	195
Figure 37 – Cut-off wavelength determination by the multimode reference method B.....	197
Figure 38 – Far field measurement set.....	207
Figure 39 – Test set-up for mode field diameter measurement – Variable aperture method in the far field	215
Figure 40 – Near field measurement set-up	225
Figure 41 – Optical switch arrangement.....	229
Figure 42 – View from reference fibre A.....	231
Figure 43 – View from reference fibre B.....	231
Figure 44 – Validation example: comparison of methods.....	233
Figure 45a – Method using reference specimen.....	241
Figure 45b – Method using stabilized source.....	241
Figure 45 – Test arrangements for measurement of change in optical transmittance by the transmitted power method.....	241
Table 1 – Transmission and optical characteristics of optical fibres.....	21
Table 2 – Nominal source wavelength and spectral width.....	79
Table 3 – Sample data.....	213
Table 4 – Near field data.....	223
Table 5 – Primary IEC methods for measuring mode field diameter.....	227

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-4: Spécification générique – Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) 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 normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60793-1-4 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995, son amendement 1 (1996) et son amendement 2 (1998); elle constitue une révision technique.

La quatrième édition de la CEI 60793-1, parue en 1992, a fait l'objet d'une révision. Elle a été divisée en cinq normes regroupant chacune une section.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec les normes suivantes:

CEI 60793-1-1:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 1: Généralités*

CEI 60793-1-2:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 2: Méthodes de mesure des dimensions*

CEI 60793-1-3:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 3: Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques*

CEI 60793-1-5:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 5: Méthodes de mesure des caractéristiques d'environnement*

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-4: Generic specification –
Measuring methods for transmission and optical characteristics**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60793-1-4 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995, its amendment 1 (1996) and amendment 2 (1998); it constitutes a technical revision.

The fourth edition of IEC 60793-1, published in 1992, has been revised and divided into five standards each of which incorporates a section.

This standard shall be used in conjunction with the following standards:

IEC 60793-1-1:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 1: General*

IEC 60793-1-2:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 2: Measuring methods for dimensions*

IEC 60793-1-3:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 3: Measuring methods for mechanical characteristics*

IEC 60793-1-5:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 5: Measuring methods for environmental characteristics*

Le texte de cette norme est issu de la première édition, de l'amendement 1, de l'amendement 2 et des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/584/FDIS	86A/618/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2001. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Withdrawn

The text of this standard is based on the first edition, amendment 1, amendment 2 and the following documents:

FDIS	Report on voting
86A/584/FDIS	86A/618/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A forms an integral part of this standard.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2001. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Withdrawn

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-4: Spécification générique – Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60793-1 s'applique aux mesures pratiques des paramètres de transmission et des paramètres optiques d'une fibre optique. Elles sont à utiliser pour le contrôle de fibres et de câbles dans des relations commerciales.

L'objet de cette partie est d'établir des prescriptions uniformes relatives aux caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques.

2 Références normatives

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60793-1. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60793-1 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60793-2:1992, *Fibres optiques – Deuxième partie: Spécifications du produit*

3 Essais relatifs aux caractéristiques optiques et de transmission

Les caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques doivent être vérifiées en soumettant les échantillons à des essais choisis parmi ceux du tableau 1. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être ceux qui sont indiqués dans la spécification particulière.

OPTICAL FIBRES –

Part 1-4: Generic specification – Measuring methods for transmission and optical characteristics

1 Scope and object

This part of IEC 60793-1 applies 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 object of this part is to establish uniform requirements for optical and transmission characteristics of optical fibres.

2 Normative references

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part IEC 60793-1. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part IEC 60793-1 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60793-2:1992, *Optical fibres – Part 2: Product specifications*

3 Tests of transmission and optical characteristics

The transmission and optical characteristics of optical fibres shall be verified by carrying out the selected tests from those shown in table 1. The tests applied and acceptance criteria shall be as specified in the detail specification.

Tableau 1 – Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
Méthodes d'essai pour les fibres multimodales et unimodales		
CEI 60793-1-C1A CEI 60793-1-C1B CEI 60793-1-C1C	Méthode de la fibre coupée Méthode des pertes d'insertion Technique de rétrodiffusion	Affaiblissement
CEI 60793-1-A1 de la CEI 60793-1-2 CEI 60793-1-A1B de la CEI 60793-1-2 CEI 60793-1-A2 de la CEI 60793-1-2	Champ proche réfracté Interférométrie transversale Répartition de la lumière en champ proche	Profil d'indice de réfraction
CEI 60793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Défauts ponctuels
CEI 60793-1-C4 CEI 60793-1-C1C	Energie lumineuse transmise ou rayonnée Technique de rétrodiffusion	Continuité optique
CEI 60793-1-C5A CEI 60793-1-C5B	Méthode de déphasage Méthode du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel	Dispersion chromatique
CEI 60793-1-C10A CEI 60793-1-C10B	Contrôle en puissance transmise Contrôle en rétrodiffusion	Modification de la transmission optique dans les essais mécaniques et d'environnement
Méthodes d'essai pour les fibres multimodales		
CEI 60793-1-C2A CEI 60793-1-C2B	Réponse impulsionnelle Réponse fréquentielle	Réponse en bande de base
CEI 60793-1-C6	Répartition de la lumière en champ lointain	Ouverture numérique
Méthodes d'essai pour les fibres unimodales		
CEI 60793-1-C3	Sensibilité aux microcourbures	Sensibilité aux microcourbures
CEI 60793-1-C11	Sensibilité aux macrocourbures	Sensibilité aux macrocourbures
CEI 60793-1-C5C CEI 60793-1-C5D	Déphasage différentiel Interférométrie	Dispersion chromatique
CEI 60793-1-C7	Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre unimodale	Longueur d'onde de coupure d'une fibre
CEI 60793-1-C9A CEI 60793-1-C9B CEI 60793-1-C9C	Exploration en champ lointain Ouverture variable Exploration en champ proche	Diamètre du champ de mode

4 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 1 – Transmission and optical characteristics of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by the test method
Test methods of multimode and single-mode fibres		
IEC 60793-1-C1A IEC 60793-1-C1B IEC 60793-1-C1C	Cut-back technique Insertion loss technique Backscattering technique	Attenuation
IEC 60793-1-A1 of IEC 60793-1-2 IEC 60793-1-A1B of IEC 60793-1-2 IEC 60793-1-A2 of IEC 60793-1-2	Refracted near field method Transverse interference method Near field light distribution	Refractive index profile
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	Point defects
IEC 60793-1-C4 IEC 60793-1-C1C	Transmitted or radiated light power Backscattering technique	Optical continuity
IEC 60793-1-C5A IEC 60793-1-C5B	Phase-shift method Spectral group delay measurement in the time domain	Chromatic dispersion
IEC 60793-1-C10A IEC 60793-1-C10B	Transmitted power monitoring Backscattering monitoring	Change of optical transmittance during mechanical and environmental tests
Test methods of multimode fibres		
IEC 60793-1-C2A IEC 60793-1-C2B	Impulse response Frequency response	Baseband response
IEC 60793-1-C6	Far field light distribution	Numerical aperture
Test methods of single-mode fibres		
IEC 60793-1-C3	Microbending sensitivity	Microbending sensitivity
IEC 60793-1-C11	Macrobending sensitivity	Macrobending sensitivity
IEC 60793-1-C5C IEC 60793-1-C5D	Differential phase shift Interferometry	Chromatic dispersion
IEC 60793-1-C7	Cut-off wavelength measurement of single-mode fibre	Fibre cut-off wavelength
IEC 60793-1-C9A IEC 60793-1-C9B IEC 60793-1-C9C	Far field scan Variable aperture Near field scan	Mode field diameter

4 Attenuation

Attenuation is materialized by 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 fibre length. Under steady state conditions, an attenuation coefficient of a fibre can be determined and the attenuation of concatenated fibres added linearly.

5 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:

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

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:

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

qui est indépendant de la longueur choisie de la fibre.

6 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 technique est la seule méthode directement issue de l'affaiblissement d'une fibre, où les niveaux de puissance P_1 et P_2 sont mesurés à deux points de la fibre sans modification des conditions d'entrée.

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. 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 des 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.

c) Méthode de rétrodiffusion

La méthode de rétrodiffusion, qui est une mesure par un seul côté, mesure la puissance optique rétrodiffusée vers l'origine de la fibre à partir de différents points de celle-ci. La mesure est influencée par la vitesse de propagation et par le comportement en rétrodiffusion de la fibre, et peut ne pas être précise pour mesurer l'affaiblissement de la fibre. Toutefois, il est possible de mesurer l'affaiblissement de la fibre en utilisant la technique qui consiste à mesurer la rétrodiffusion à chaque extrémité de la fibre testée et à moyenner les deux courbes de rétrodiffusion.

5 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 cross-section 1, and

P_2 is the optical power traversing 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:

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

which is independent of the chosen length of the fibre.

6 Description of attenuation measuring techniques

Three methods are described below for attenuation measurements:

a) Cut-back technique

The cutback technique is the only method directly derived from the fibre attenuation, in which the power levels P_1 and P_2 are measured at two points of the fibre without change of input conditions.

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. In some situations, 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) Backscattering

The backscattering method, which is a single-ended 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 and the backscattering behaviour of the fibre, and may not be accurate for measuring the fibre attenuation. However, the technique can be used to measure the fibre's attenuation by taking the backscatter measurement from both ends of the fibre under test and averaging the two backscatter traces.

Cette technique permet d'analyser la totalité de la fibre, en particulier les sous-sections longitudinales de la fibre, ou encore d'identifier des points précis tels que les raccordements. Elle permet également de calculer la longueur de la fibre.

Les méthodes pour décrire et ultérieurement pour spécifier l'uniformité de l'affaiblissement de la fibre à partir de la moyenne des courbes de rétrodiffusion dans les deux directions sont à l'étude.

d) Modélisation de l'affaiblissement spectral

Il est possible de calculer l'affaiblissement linéique d'une fibre sur un spectre de longueurs d'onde au moyen d'une matrice caractéristique M et d'un vecteur $\mathbf{v}$. Le vecteur $\mathbf{v}$ contient l'affaiblissement linéique mesuré sur un petit nombre (trois à cinq) de longueurs d'onde (par exemple, 1 310 nm, 1 330 nm, 1 360 nm, 1 380 nm et/ou 1 550 nm).

Avec l'une des méthodes, le fournisseur de la fibre ou du câble doit indiquer la matrice caractéristique de son produit et le modèle d'affaiblissement spectral est un vecteur $\mathbf{w}$ calculé à partir du produit de M par $\mathbf{v}$.

$$\mathbf{w} = M \cdot \mathbf{v}$$

L'autre méthode utilise une matrice générique et le fournisseur doit indiquer un vecteur de facteur de correction $\mathbf{e}$ qui transforme l'équation prévisionnelle comme suit:

$$\mathbf{w} = M \cdot \mathbf{v} + \mathbf{e}$$

Une matrice générique est une matrice caractéristique qui peut être appliquée à une variété de fibres, de configurations et de fournisseurs (probablement pour un seul type de fibre), et qui est déterminée et/ou appelée par un corps normalisé, client/utilisateur final unique ou une autre source de l'industrie avec laquelle les fournisseurs peuvent comparer leurs produits, la différence étant résolue par le vecteur $\mathbf{e}$.

A l'heure actuelle, cette technique n'a été démontrée que sur des fibres de type B1 et B2.

7 Méthode CEI 60793-1-C1A – Méthode de la fibre coupée

7.1 Conditions d'injection

7.1.1 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.

7.1.1.1 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.

7.1.1.2 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, 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.

This technique allows an analysis of the entire fibre, in particular of longitudinal subsections of the fibre, or even to identify discrete points such as splices. It also permits calculation of the fibre length.

Methods to describe and subsequently specify the uniformity of attenuation from the bi-directionally averaged backscattered traces are under consideration.

d) Spectral attenuation modelling

The attenuation coefficient of a fibre across a spectrum of wavelengths may be calculated by means of a characterizing matrix M and a vector $\mathbf{v}$. The vector $\mathbf{v}$ contains the measured attenuation coefficients at a small number (three to five) of wavelengths (e.g. 1 310 nm, 1 330 nm, 1 360 nm, 1 380 nm and/or 1 550 nm).

In one approach, the fibre or cable supplier shall provide a matrix characteristic of its product, and the modelled spectral attenuation is a vector $\mathbf{w}$ calculated from the product of M and $\mathbf{v}$.

$$\mathbf{w} = M \cdot \mathbf{v}$$

Alternatively, if a generic matrix is used, the supplier shall provide a correction factor vector $\mathbf{e}$, such that the prediction equation becomes:

$$\mathbf{w} = M \cdot \mathbf{v} + \mathbf{e}$$

A generic matrix is a characterizing matrix which can be applied to a variety of fibres, designs and suppliers (presumably within a single fibre type), and which is determined and/or invoked by a standard body, single customer/end-user, or other industry source to which individual suppliers can compare their products, the difference being resolved by the vector $\mathbf{e}$.

To date, this technique has only been demonstrated on type B1 and B2 fibres.

7 Method IEC 60793-1-C1A – Cut-back technique

7.1 Launching conditions

7.1.1 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.

7.1.1.1 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.

7.1.1.2 Optical lens system

If an optical lens system is used, a means of stably supporting the 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.

7.1.1.3 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.

7.1.1.4 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.

7.1.2 Fibre multimodale

Les conditions d'injection présentent une importance majeure pour atteindre les objectifs définis à l'article 4. 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 le terme «répartitions à l'état stable»¹⁾.

7.1.2.1 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 7.2 donne un exemple de chacune de ces deux méthodes. L'application convenable de chaque méthode permet d'obtenir des résultats comparables. La figure 1 illustre un exemple type d'arrangement d'injection utilisant un filtre de modes.

7.1.2.2 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.

7.1.2.3 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).

¹⁾ Le terme «Répartition des modes à l'équilibre» a été précédemment employé dans d'autres normes.

7.1.1.3 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 cut-off wavelength below the minimum wavelength of interest, but not so small as to induce wavelength dependent oscillations.

7.1.1.4 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.

7.1.2 Multimode fibre

The launching conditions are of paramount importance in meeting the objectives stated in clause 4. 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".

7.1.2.1 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 7.2. By proper care in the use of each technique, comparable results can be achieved. A generic example of the launching arrangement using a mode filter is given in figure 1.

7.1.2.2 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.

7.1.2.3 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).

7.2 Exemples de conditions d'injection

7.2.1 Filtres de mode

7.2.1.1 Filtre de modes du type fibre amorce

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 à 7.1.2.3.

7.2.1.2 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 60793-1-C6) du diagramme de rayonnement émis à l'extrémité de la courte longueur sera 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.

7.2.1.3 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 certain nombre de billes métalliques (de dimensions 1 mm 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 en 7.2.1.2.

7.2.2 Injection par système d'optique géométrique

Une injection à limitation spatiale (LS) est définie comme étant une injection produite de manière géométrique remplissant uniformément 70 % du diamètre du 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, l'UIT/T utilise actuellement une tache de 26 μm et une ouverture numérique de 0,11.

La figure 2 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 cœur 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.

7.2 Examples of launching conditions

7.2.1 Mode filters

7.2.1.1 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 7.1.2.3 is used, is a steady state distribution.

7.2.1.2 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 are 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 60793-1-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.

7.2.1.3 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 7.2.1.2.

7.2.2 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 multimode fibre, the LPS launch condition consists of a uniform 35 μm spot and 0,14 NA.

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

An example of optics necessary to produce the LPS launch is given in figure 2. 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.

7.3 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 3 et 4 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 cœur et l'ouverture numérique de cette fibre amorce doivent être suffisamment importants pour intercepter toute la lumière émise par la fibre de référence et la fibre 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.

7.4 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 .
- d) Il est possible de calculer une courbe d'affaiblissement spectral avec des relations telles que celles décrites à l'article 11 en utilisant les résultats des mesures d'affaiblissement à des longueurs d'onde définies.

7.3 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 3 and 4.

- 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 a 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.

7.4 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 .
- d) Using attenuation measurement results at discrete wavelengths, a spectral attenuation curve can be calculated with relationships such as those described in clause 11.

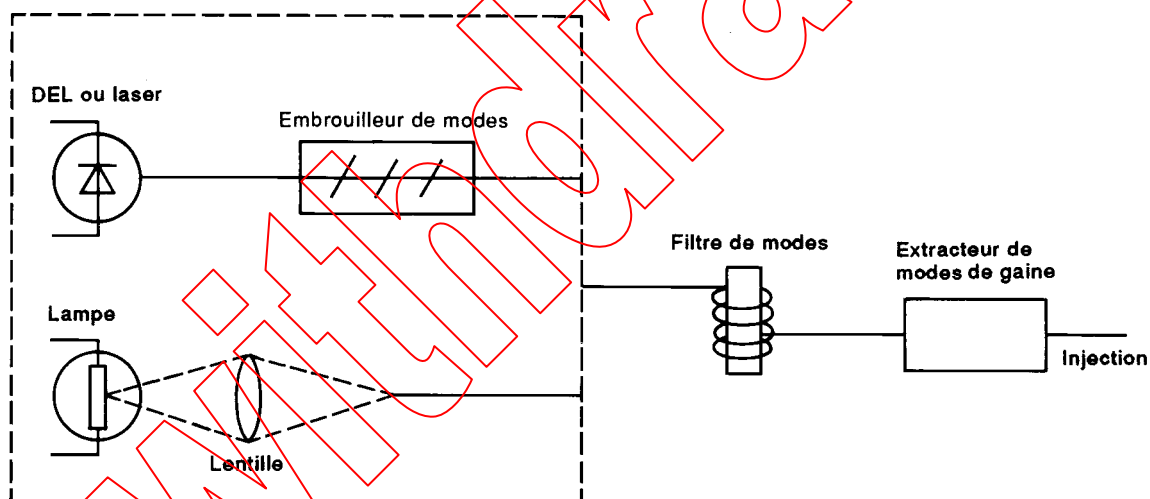
7.5 Résultats

7.5.1 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 décibels 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.

7.5.2 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.



IEC 2445/2000

Figure 1 – Montage général d'injection

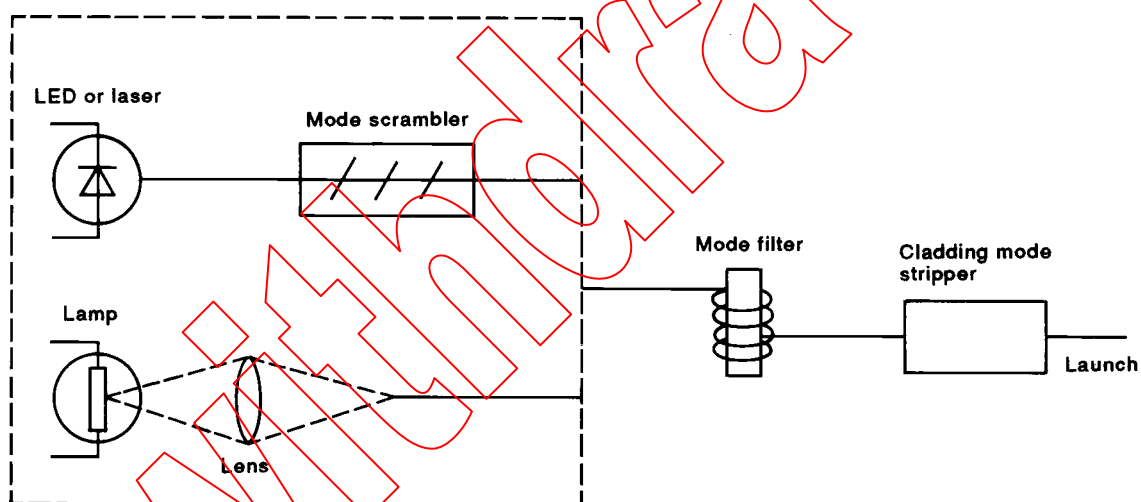
7.5 Results

7.5.1 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 decibels or attenuation coefficient in dB/km versus wavelength or at specific wavelength(s) as required by the detail specification.

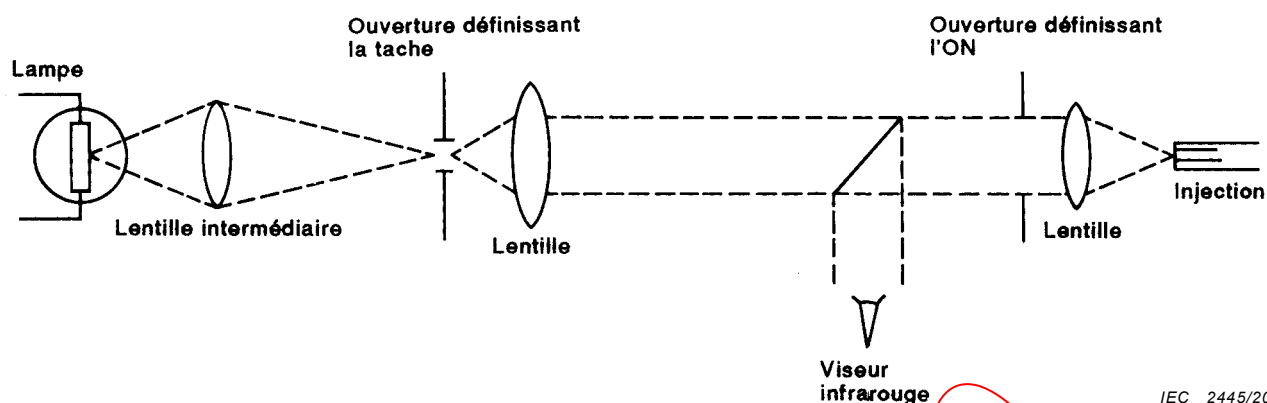
7.5.2 The following data shall be available upon request:

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



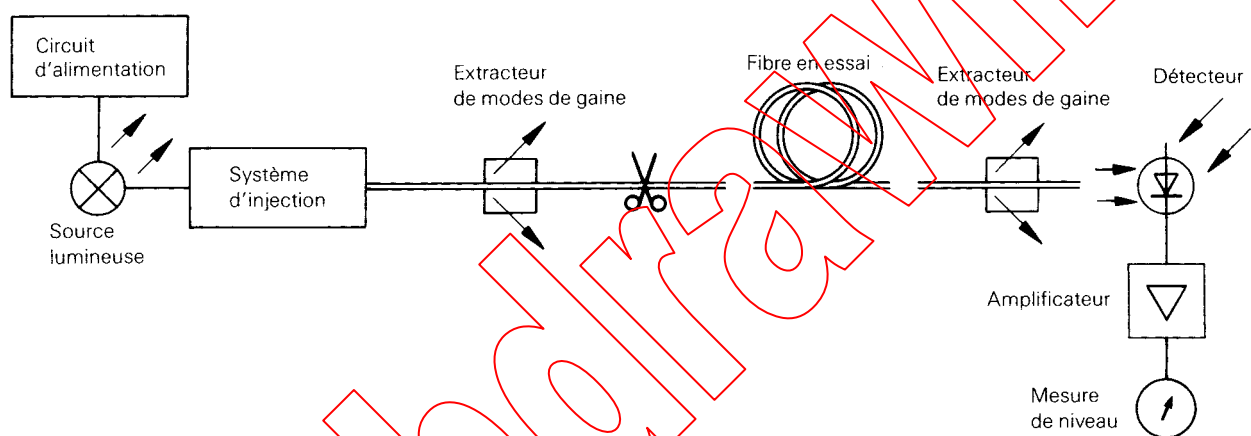
IEC 2445/2000

Figure 1 – General launch arrangement



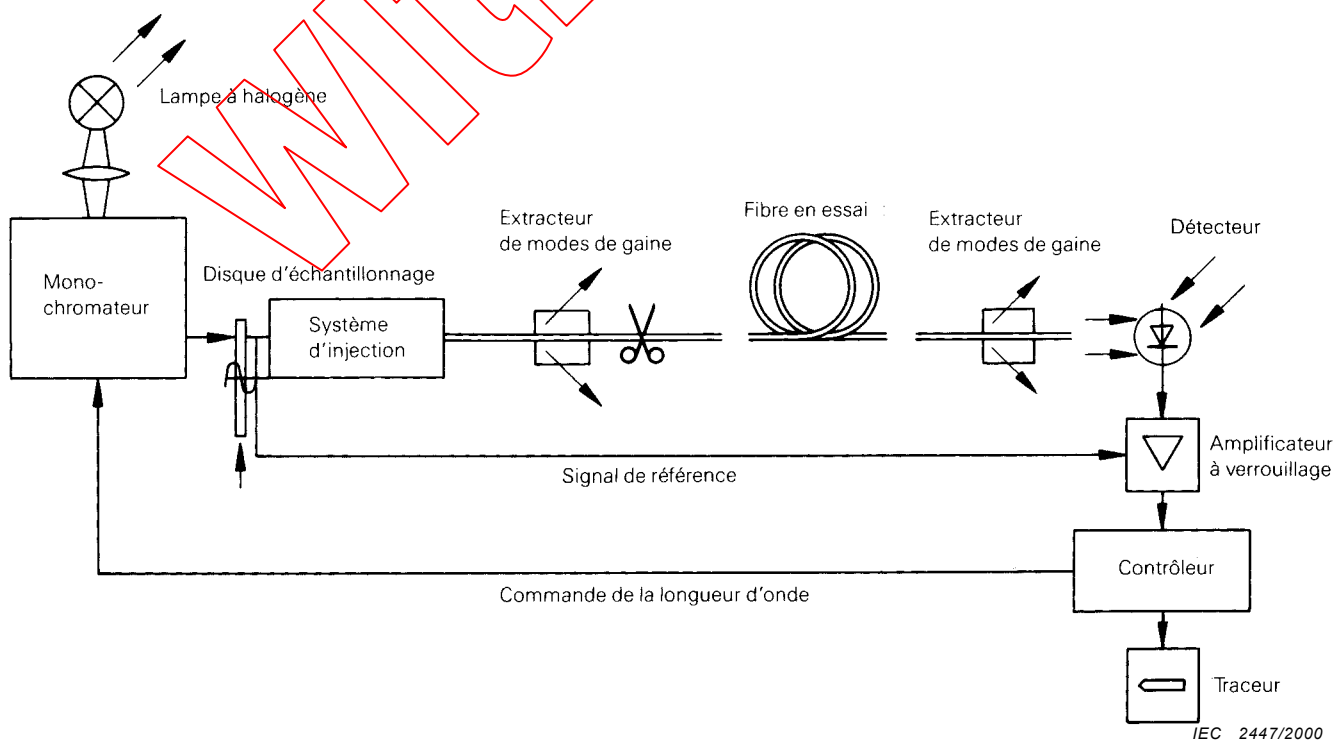
IEC 2445/2000

Figure 2 – Montage optique d'injection à limitation spatiale



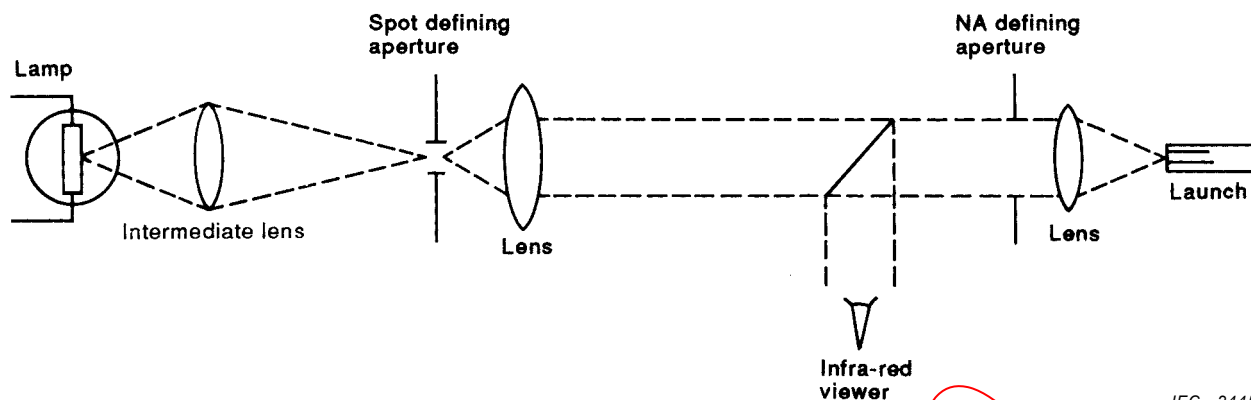
IEC 2446/2000

Figure 3 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement à une longueur d'onde spécifiée



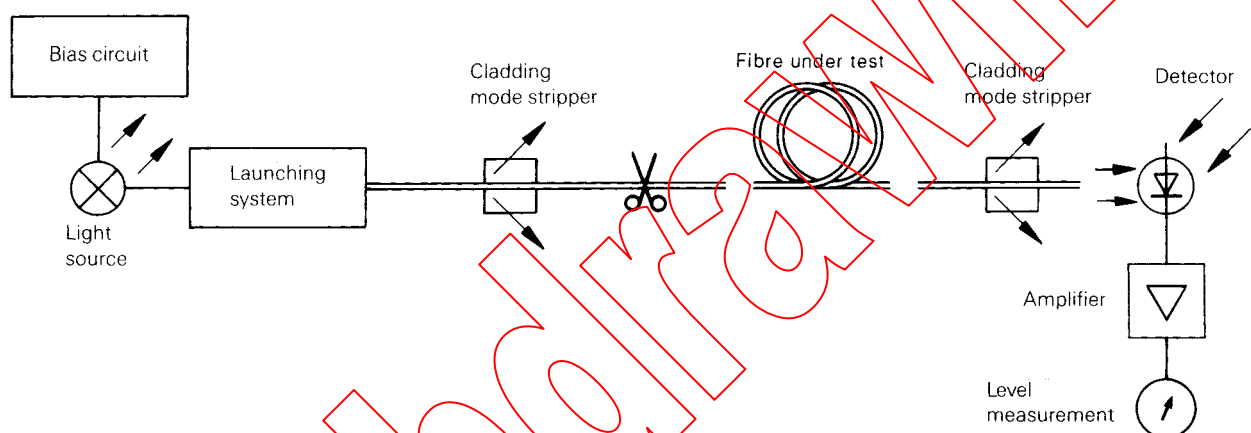
IEC 2447/2000

Figure 4 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement spectral



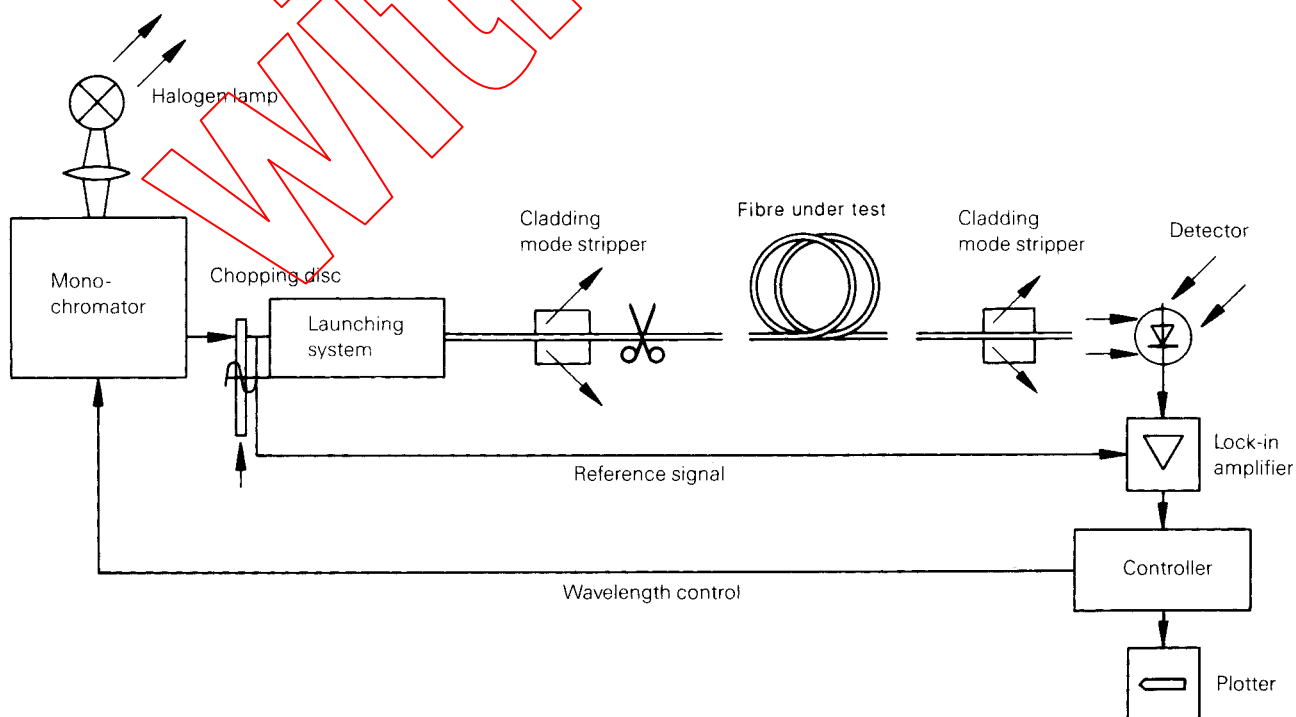
IEC 2445/2000

Figure 2 – Limited phase space launch optics



IEC 2446/2000

Figure 3 – Arrangement of test equipment to make loss measurement at one specified wavelength



IEC 2447/2000

Figure 4 – Arrangement of test equipment used to obtain the loss spectrum

8 Méthode CEI 60793-1-C1B – Méthode des pertes d'insertion

8.1 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.

La méthode des pertes d'insertion est moins précise que celle de la fibre coupée, mais elle a l'avantage d'être non destructive pour la fibre en essai et pour les terminaisons éventuellement fixées aux deux extrémités. Par conséquent, elle est particulièrement adaptée à un usage sur le terrain et principalement prévue pour l'utilisation avec des longueurs de câble connectorisées.

8.2 Conditions d'injection

Les conditions d'injection prescrites sont similaires à celles décrites en 7.1.

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

8.3 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 5 (étalonnage) et 6 (mesure).
- b) Source optique
Voir le point b) de 7.3.
- c) Montage de détection optique
Voir le point c) de 7.3.
- d) Traitement du signal
Voir le point d) de 7.3.
- e) Extracteur de modes de gaine
Voir le point e) de 7.3.
- 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 réduire les pertes dues au couplage et d'assurer des résultats fiables. Ce dispositif de couplage peut être un réglage mécanique contrôlé visuellement ou un connecteur à positionnement cœur à cœur.
- g) Fibre de référence
La fibre de référence doit être du même type que celle en essai.

8.4 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 sera 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.

8 Method IEC 60793-1-C1B – Insertion loss technique

8.1 Object

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

The insertion loss technique is less accurate than the cut-back one, but has the advantage of being non-destructive for the fibre under test and for the termini possibly fixed at both ends. Therefore, it is particularly suitable for field use and mainly intended for use with connectorized cable lengths.

8.2 Launching conditions

The required launching conditions are similar to those described in 7.1.

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

8.3 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 5 (calibration) and 6 (measurement).

b) Optical source

See item b) of 7.3.

c) Optical detection assembly

See item c) of 7.3.

d) Signal processing

See item d) of 7.3.

e) Cladding mode stripper

See item e) of 7.3.

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.

8.4 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:

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

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

8.5 Résultats

8.5.1 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 décibels 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.

8.5.2 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:

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

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

8.5 Results

8.5.1 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 decibels or attenuation coefficient in dB/km versus wavelength or at specific wavelength(s), as required by the detail specification.

8.5.2 The following data shall be available upon request:

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

Withdrawing

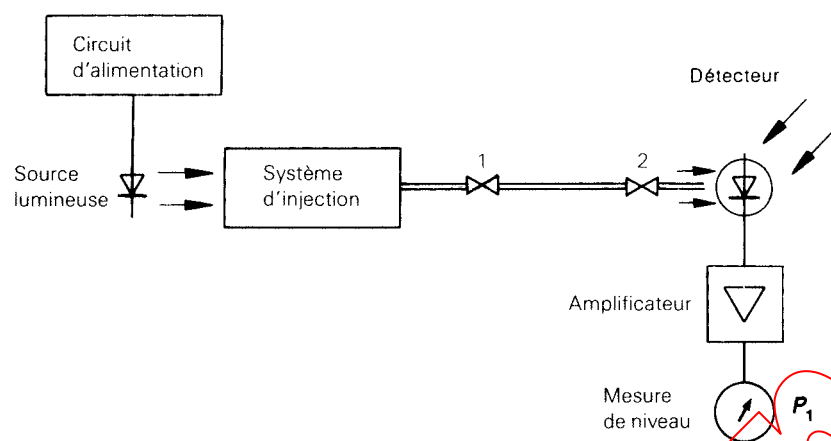


Figure 5 – Dispositif d'étalonnage de la mesure des pertes d'insertion

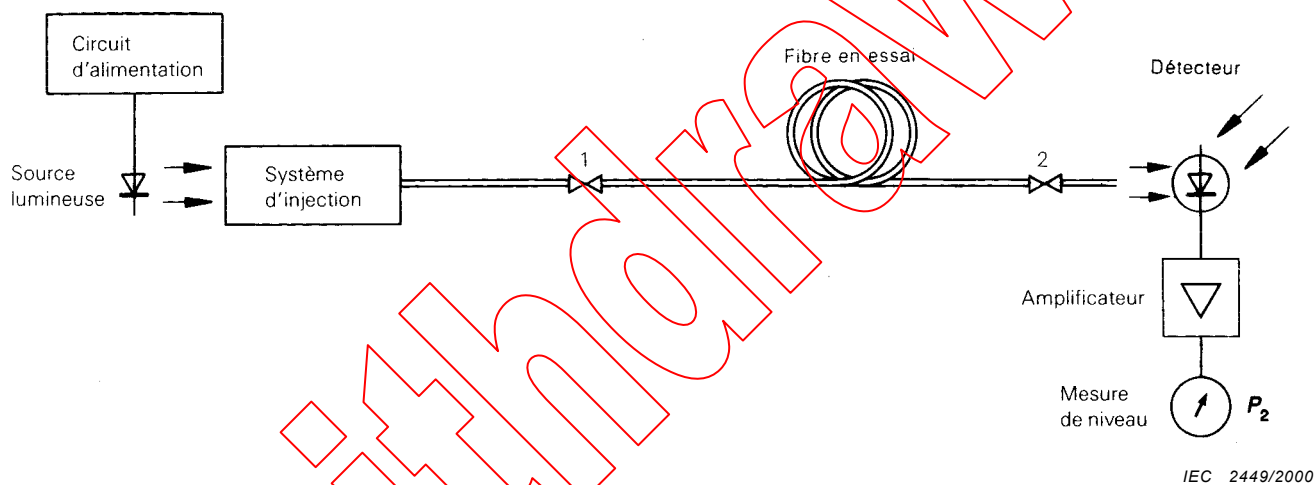
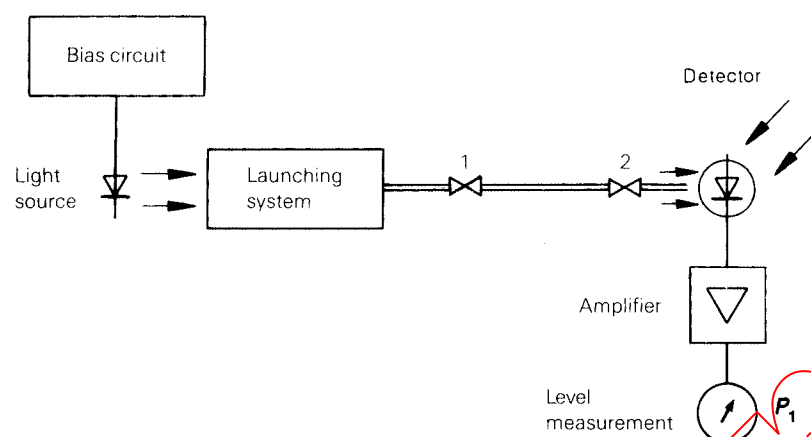
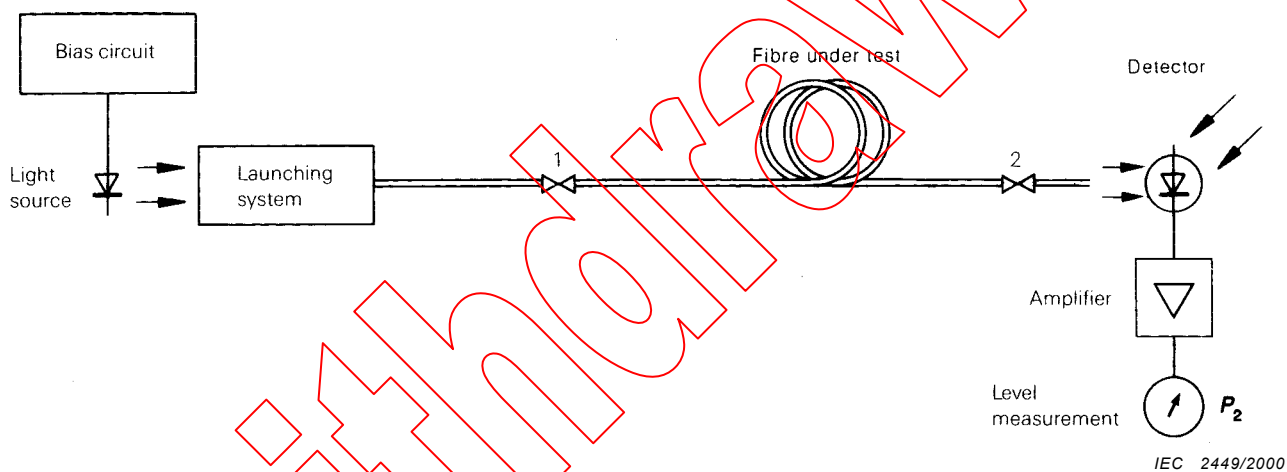


Figure 6 – Mesure des pertes d'insertion

**Figure 5 – Calibration of insertion loss measuring set****Figure 6 – Measurement of insertion loss**

9 Méthode CEI 60793-1-C1C – Technique de rétrodiffusion

9.1 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 (9.4), la longueur (9.5), 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 (9.6). 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.

9.2 Appareillage

Normalement, un RODT doit comprendre la liste minimale de composants suivante (voir figure 7).

9.2.1 Emetteur optique

Un émetteur optique comporte habituellement une ou plusieurs sources de lumière, composées d'une diode laser pulsée, capables de générer une ou plusieurs largeurs d'impulsions et une ou plusieurs fréquences de répétition d'impulsions. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, le spectre de chaque longueur d'onde doit remplir les conditions suivantes. La longueur d'onde centrale doit être comprise dans les limites de 15 nm de la valeur spécifiée; si la différence entre la longueur d'onde centrale et la valeur spécifiée est supérieure à 10 nm, cela doit être précisé avec les résultats (voir 9.7). La largeur quadratique moyenne (LQM) ne doit pas dépasser 10 nm, ou la largeur à mi-hauteur (LMH) de l'impulsion ne doit pas dépasser 25 nm.

Si les données de rétrodiffusion (RODT) sont utilisées dans un modèle d'affaiblissement spectral:

- la largeur spectrale ne doit pas dépasser 15 nm (VALEUR CRÊTE) (6 nm MOYENNE QUADRATIQUE) pour les longueurs d'onde dans la région des pics d'eau, 1 360 nm à 1 430 nm par exemple;
- la longueur d'onde centrale doit être donnée à 2 nm près de la valeur réelle.

9.2.2 Accès de sortie

Il est nécessaire de prévoir des moyens permettant de relier la fibre en essai (ou la fibre amorce décrite en 9.2.9) au panneau de l'instrument ou à une fibre amorce en provenance de la source.

9.2.2.1 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 CEI 60793-1-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 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.

9 Method IEC 60793-1-C1C – Backscattering technique

9.1 Object

This procedure describes the three basic measurements which can be made using an optical time-domain reflectometer (OTDR): attenuation or attenuation coefficient (9.4), length (9.5), and the positions, losses and character of point defects along an optical fibre or fibre cable (9.6). 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.

9.2 Apparatus

An OTDR shall normally consist of the following minimal list of components (see figure 7).

9.2.1 Optical transmitter

An optical transmitter usually includes one or more pulsed laser diode light sources capable of one or more pulse durations and pulse repetition rates. Unless otherwise specified in the detail specification, the spectra for each wavelength shall satisfy the following. The central wavelength shall lie within 15 nm of the specified value; if the difference between the central wavelength and the specified value is greater than 10 nm, it shall be reported (see 9.7). The root-mean-squared width (RMSW) shall not exceed 10 nm, or the full-width at half-maximum (FWHM) shall not exceed 25 nm.

If the OTDR data are to be used in a spectral attenuation model:

- the spectral width shall not exceed 15 nm (FWHM) (6 nm RMS) for wavelengths in the water peak region, for example, 1 360 nm to 1 430 nm;
- the actual central wavelength shall be reported to within 2 nm of the actual value.

9.2.2 Output port

Means shall be provided for connecting the test fibre (or the optional dead-zone fibre of 9.2.9) to the instrument panel or to a fibre pigtail from the source.

9.2.2.1 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 60793-1-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 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.

9.2.2.2 Il convient de noter que les sources des systèmes de transmission peuvent avoir des conditions d'injection différentes de celles spécifiées en 9.2.2.1. Pour les besoins de qualification, les conditions d'injection doivent faire l'objet d'un accord dans la spécification particulière.

9.2.3 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.

9.2.4 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.

9.2.5 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 seront 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. Cela 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.

9.2.6 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.

9.2.7 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 les éléments suivants.

9.2.7.1 Afficheur graphique: l'échelle verticale doit être graduée en décibels, correspondant à la moitié de l'affaiblissement aller et retour du signal optique en décibels. 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.

9.2.7.2 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.

9.2.2.2 Note that transmission system sources may have launch conditions that differ from those of 9.2.2.1. For qualification approval purposes, the launch conditions shall be agreed in the detail specification.

9.2.3 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.

9.2.4 Optical receiver

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

9.2.5 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.

9.2.6 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.

9.2.7 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 the following.

9.2.7.1 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.

9.2.7.2 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.

9.2.7.3 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.

9.2.8 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.

9.2.9 Contrôleur de réflexion (facultatif)

Des moyens permettant de réduire 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. Cela 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 (9.5.8), la fibre amorce doit avoir une longueur z_D connue avec précision.

9.2.10 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 réduire 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 9.2.6.

9.3 Echantillon en essai

9.3.1 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 seront prises pour que l'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. Autrement, il est possible d'exclure du calcul du coefficient d'affaiblissement toute perte induite confinée aux extrémités de la longueur de fibre (comme pour la première couche d'une bobine).

9.3.2 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 9.3.1; voir 9.5.9.

9.4 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 pour les fibres de type A1 et A2, 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.

9.2.7.3 *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.

9.2.8 Data interface (optional)

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

9.2.9 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 of 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 (9.5.8), the dead-zone fibre shall have an accurately known length z_D .

9.2.10 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 a 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 9.2.6.

9.3 Test sample

9.3.1 The test sample 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 the winding does not introduce artificial attenuation for point defect or attenuation measurements or substantial elongation for length or point defect measurements. Alternatively, any induced loss confined to the ends of the fibre length (as with the first layer on a reel) can be excluded in a calculation of the attenuation coefficient.

9.3.2 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 9.3.1, shall be provided; see 9.5.9.

9.4 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. For fibres of type A1 and A2, 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.

Pour les fibres de type B1 et B2, il est possible de calculer une courbe d'affaiblissement spectral avec des relations telles que celles décrites à l'article 11 en effectuant ces mesures à diverses longueurs d'onde.

9.4.1 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.

9.4.2 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 (9.5) pour la déterminer.

9.4.3 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 en 9.4.2). Les valeurs de certains de ces paramètres peuvent être présélectionnées dans l'instrument.

9.4.4 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 maximiser la longueur affichée. Un exemple est donné à la figure 8.

9.4.5 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).

9.4.5.1 (En option avec 9.4.7.3) Si une fibre amorce est utilisée, se reporter à la figure 8. 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 $z_0 = 0$.

9.4.5.2 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 8), 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 9), 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.

9.4.5.3 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 9.4.5.1. 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 .

9.4.5.4 Répéter les essais pertinents donnés en 9.4 à chaque longueur d'onde requise.