

**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.....	61

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.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1-4:2001

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.

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 3 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.

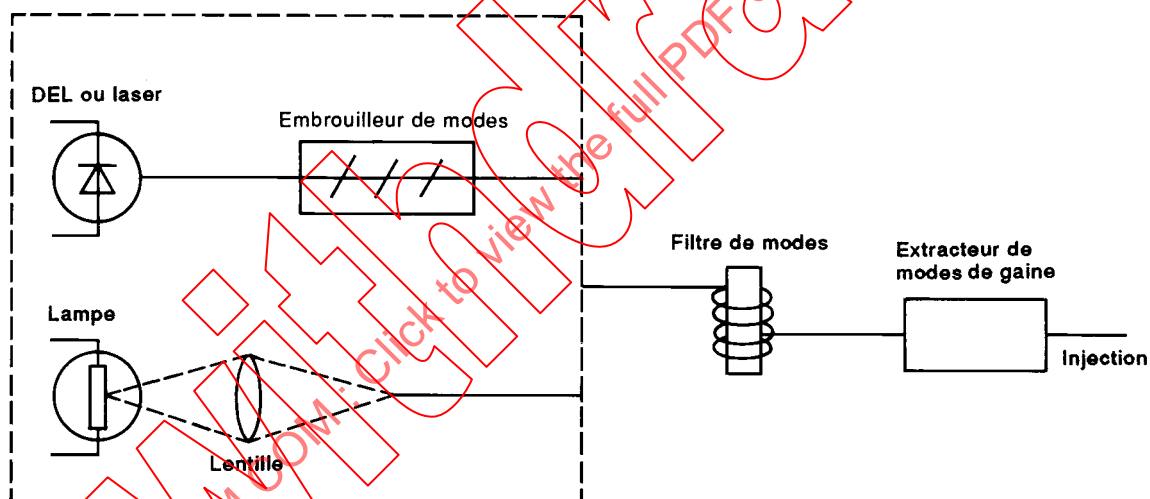
7.5 Résultats

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

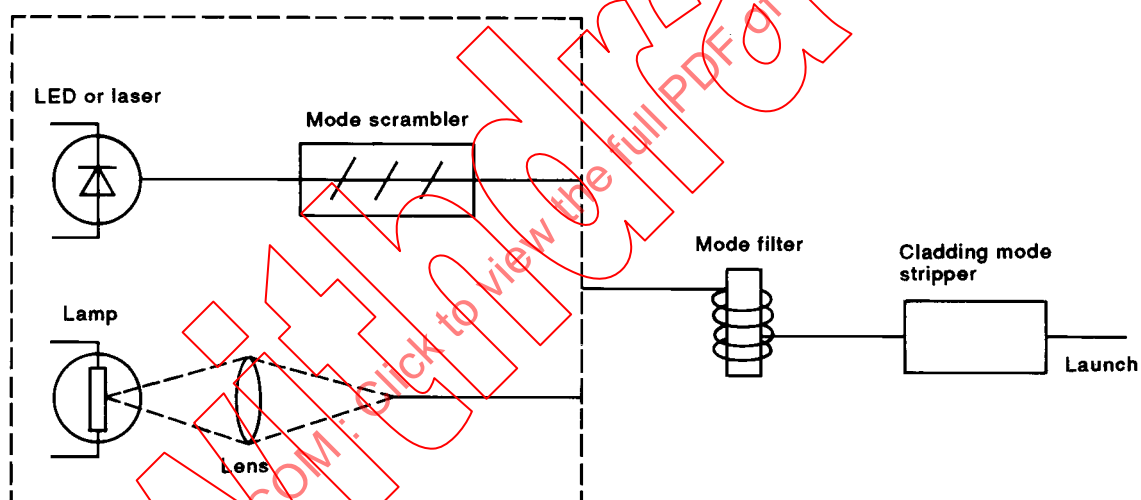
7.5 Results

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

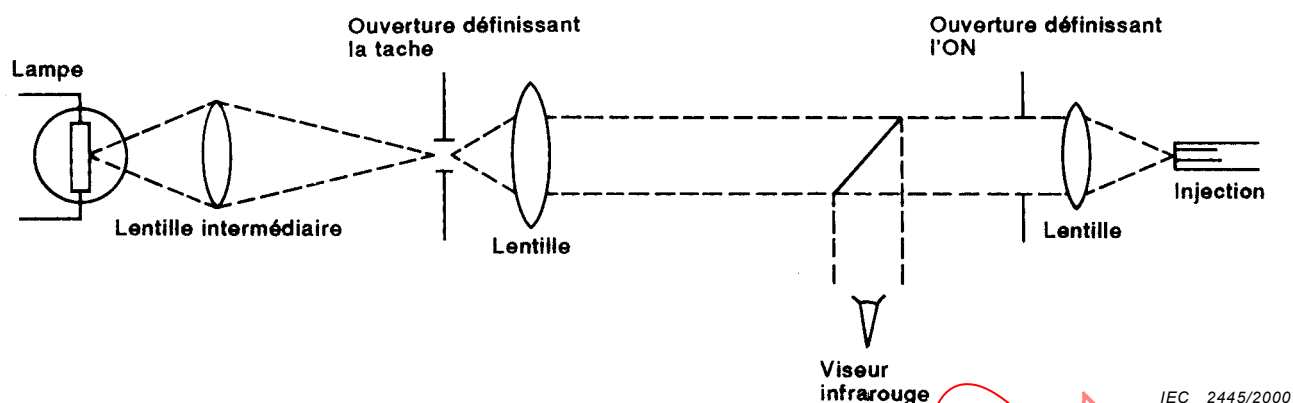


Figure 2 – Montage optique d'injection à limitation spatiale

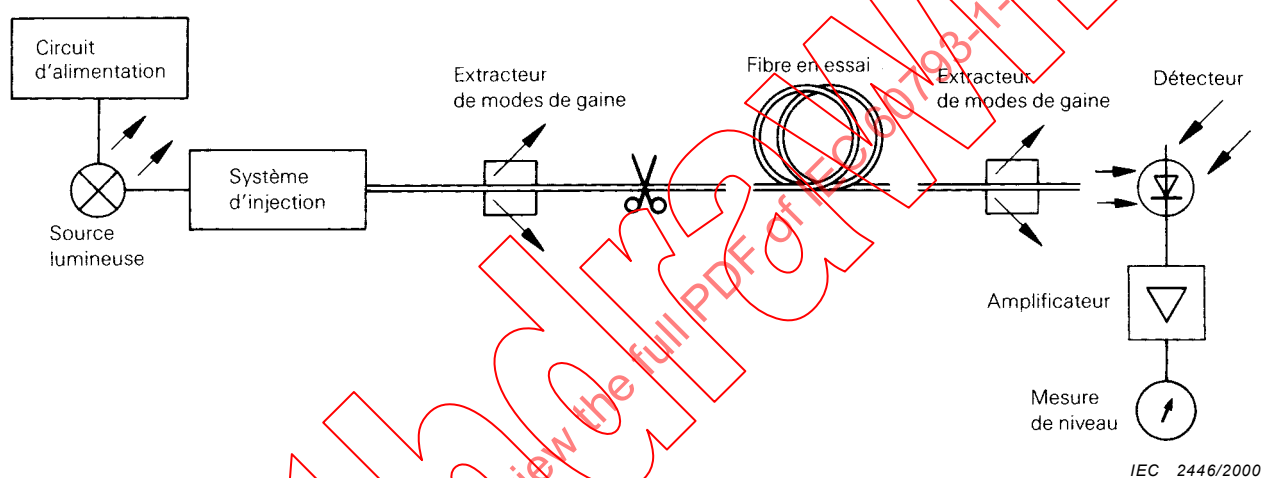


Figure 3 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement à une longueur d'onde spécifiée

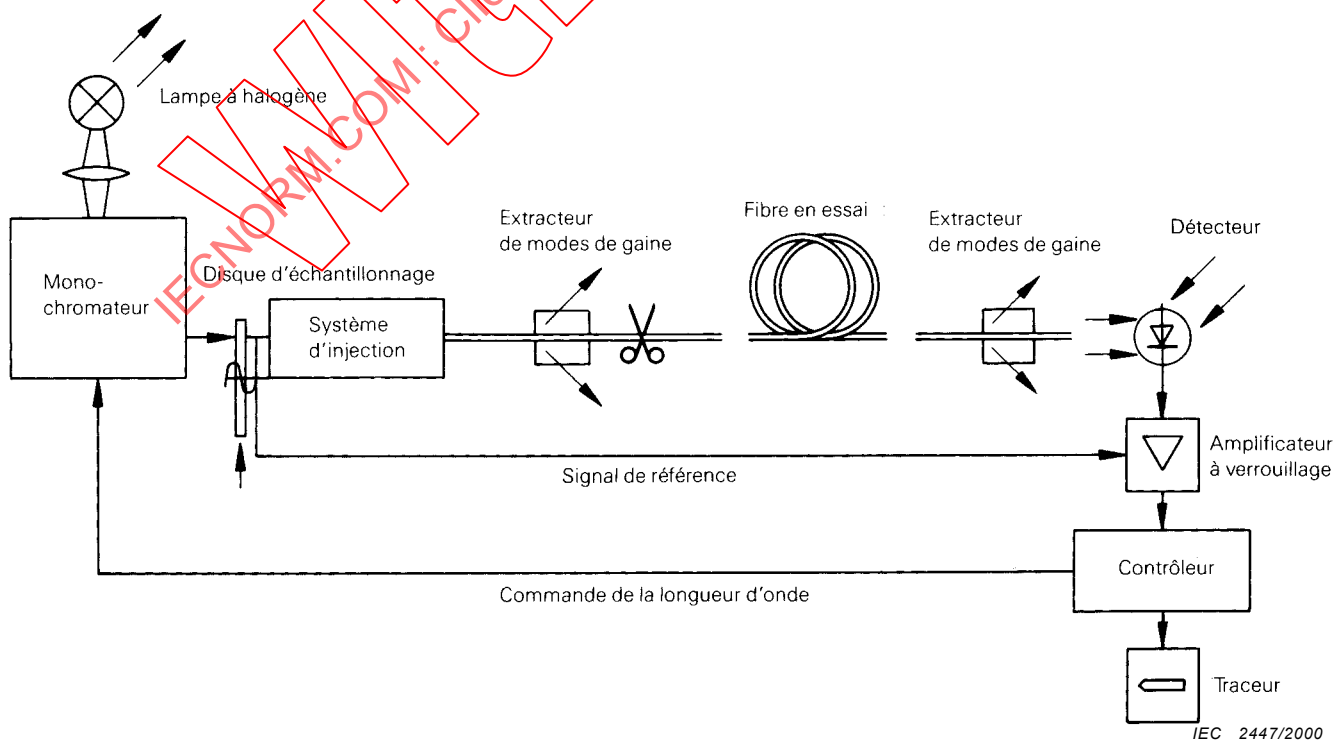
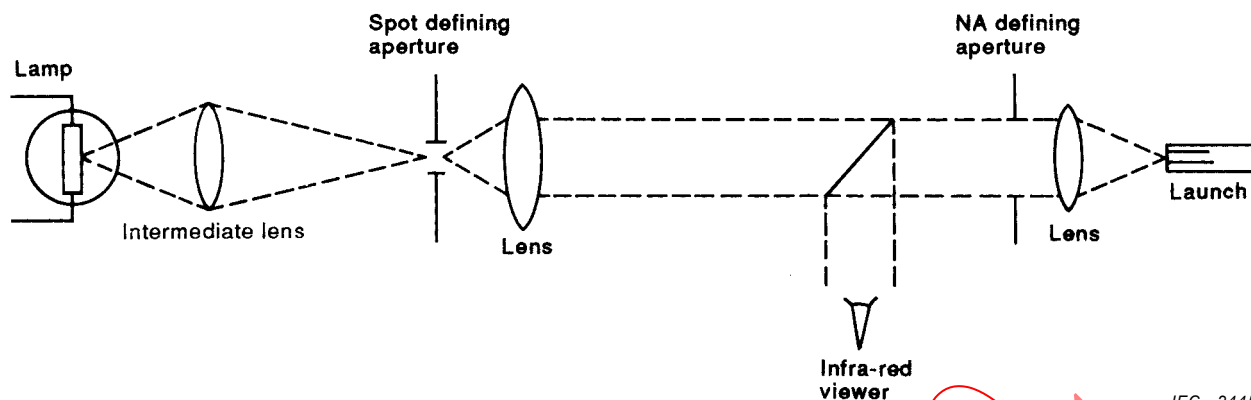
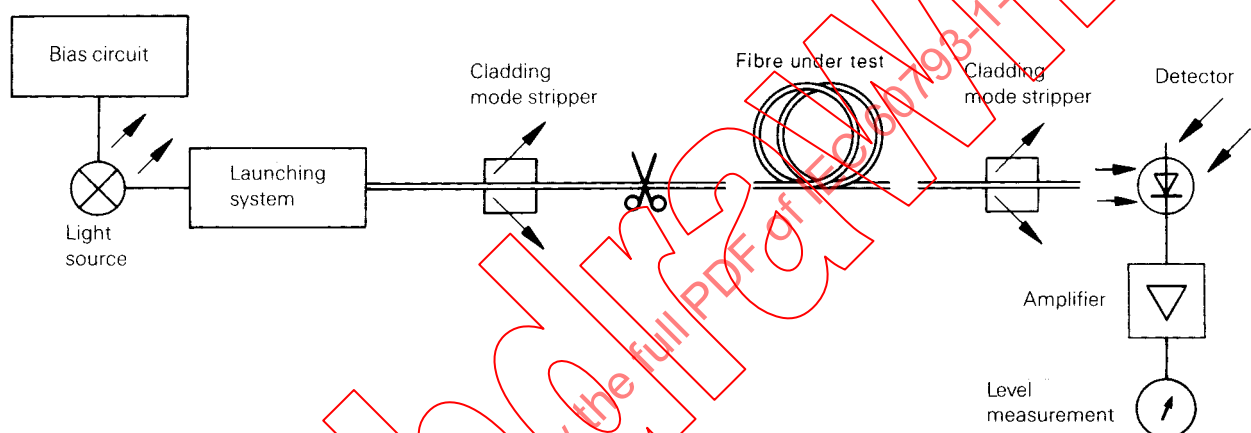


Figure 4 – Appareillage de mesure de l'affaiblissement spectral



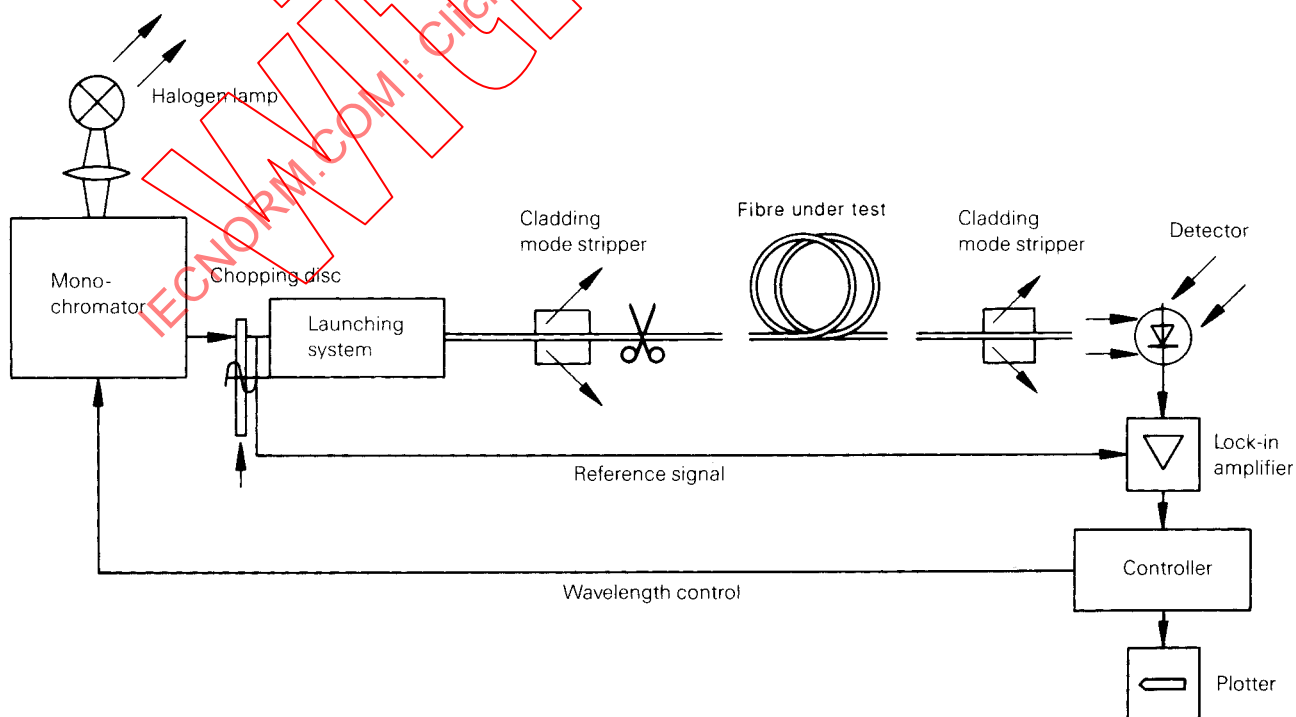
IEC 2445/2000

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.

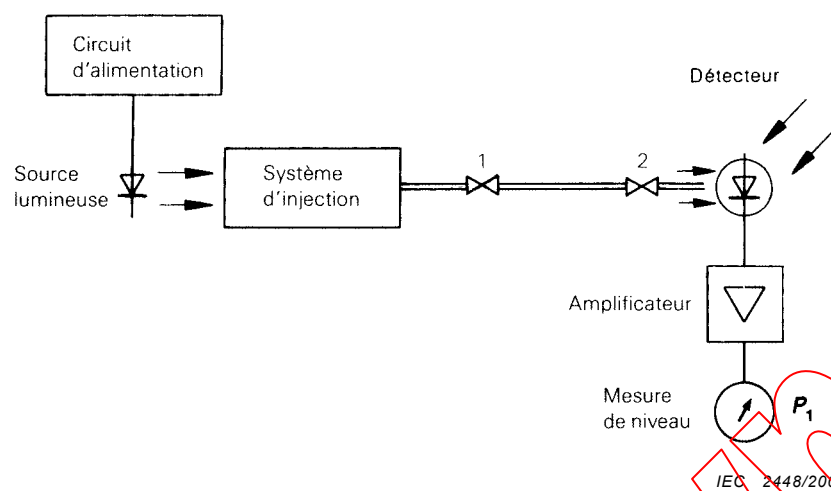


Figure 5 – Dispositif d'étalonnage de la mesure des pertes d'insertion

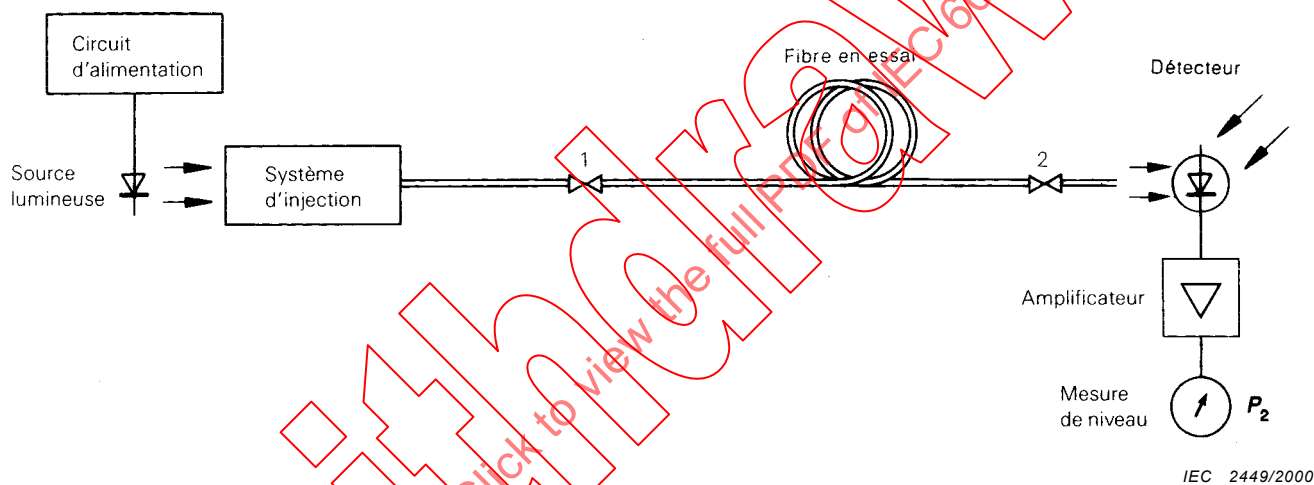


Figure 6 – Mesure des pertes d'insertion

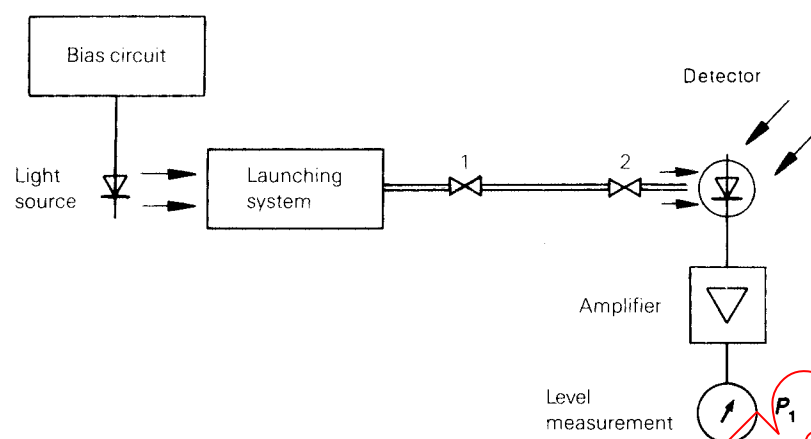


Figure 5 – Calibration of insertion loss measuring set

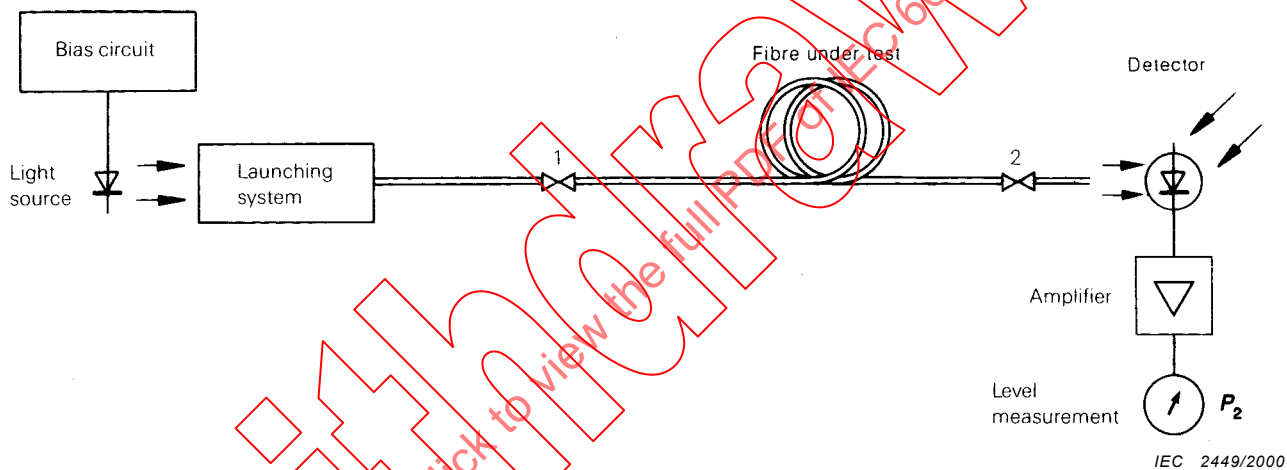


Figure 6 – Measurement of insertion loss

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.

For fibres of type B1 and B2, by performing these measurements at multiple wavelengths, a spectral attenuation curve can be calculated using relationships such as those described in clause 11.

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

9.4.2 If the attenuation coefficient and accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the test sample is required. If this value is not known, use the test procedure for measurement of fibre or cable length (9.5) to determine it.

9.4.3 Enter OTDR parameters such as source wavelength, pulse duration, length range, and signal averaging into the instrument, along with the test sample effective group index (if required by 9.4.2). The values of some of these parameters may be preset in the instrument.

9.4.4 Adjust the instrument to display a backscatter signal from the test sample. It may be advantageous to begin with coarse vertical and horizontal scaling to maximize the length displayed. An example is given in figure 8.

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

9.4.5.1 (Optional with 9.4.7.3) If a dead-zone fibre is used, refer to figure 8. Place a cursor at the beginning of the test sample prior to any power drop-off (which may be difficult to do), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse. (If the beginning is not apparent due to a minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement.) Obtain the distance coordinate z_0 via the alphanumeric display. If a dead-zone fibre is not used, no cursor placement is required; take $z_0 = 0$.

9.4.5.2 Place a cursor on the beginning of the linear portion (after the near-end) of the trace for the test sample. If the dead-zone fibre is used (figure 8), place the cursor beyond the recovery from the small reflection at the end of the dead-zone fibre. If the dead-zone fibre is not used (figure 9), place the cursor beyond the dead-zone of the OTDR connector. Obtain the distance and power coordinates z_1, P_1 via the alphanumeric display.

9.4.5.3 Place the same or another cursor at the end of the test sample at a point similar to that in 9.4.5.1. If the end is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement.

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

9.4.5.4 Repeat the relevant tests of 9.4 at each wavelength required.

9.4.6 Répéter l'essai pour un signal injecté dans l'échantillon en essai dans la direction opposée. Pour obtenir des valeurs d'affaiblissement précises, les courbes dans les deux directions à la même longueur d'onde sont moyennées pour éliminer les effets des propriétés de la rétrodiffusion variables avec la longueur.

NOTE Des mesures unidirectionnelles de rétrodiffusion peuvent être adoptées dans des cas particuliers, par exemple la vérification de la pente de rétrodiffusion dans le cas des fibres câblées.

9.4.7 Effectuer les calculs prescrits dans la spécification particulière.

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

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

9.4.7.3 (En option avec le 9.4.5.1) L'affaiblissement unidirectionnel par rétrodiffusion de la longueur totale de la fibre ou du câble est donné par $(P_1 - P_2) + a(z_1 - z_0)$ dB (où a est précisé en 9.4.7.2) ou de façon équivalente par $(P_1 - P_2)(z_2 - z_0)/(z_2 - z_1)$ dB.

9.4.7.4 Certains RODT peuvent effectuer automatiquement les soustractions à deux points indiquées en 9.4.7.1 à 9.4.7.3.

NOTE Certains RODT peuvent aussi effectuer une approximation de droite par la méthode des moindres carrés, mais il est possible que cette méthode fournisse des résultats différents de ceux obtenus par la méthode des soustractions à deux points. Le type de calcul est indiqué dans la spécification particulière. La méthode basée sur la moyenne des moindres carrés (MMC) peut être la plus reproductible.

9.4.7.5 Répéter les calculs pour les mesures effectuées pour chaque longueur d'onde dans la direction opposée. Moyenner les deux calculs effectués en 9.4.7.2 pour obtenir le coefficient d'affaiblissement de la fibre à cette longueur d'onde.

9.4.7.6 Répéter les calculs donnés en 9.4.7.1 à 9.4.7.5 sur chaque longueur d'onde afin de déterminer le coefficient d'affaiblissement pour chaque longueur d'onde.

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

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

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

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

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

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

9.4.6 Repeat the test for a signal launched into the test sample in the opposite direction. To obtain accurate attenuation values, bi-directional traces at the same wavelength are averaged to eliminate the effects of length varying backscatter properties.

NOTE Unidirectional backscattering measurements can be adopted in particular cases, e.g. verification of the backscatter slope in cabled fibres.

9.4.7 Perform the calculations required in the detail specification.

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

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

9.4.7.3 (Optional with 9.4.5.1) The unidirectional backscatter attenuation of the total fibre or cable section is given by $(P_1 - P_2) + a(z_1 - z_0)$ dB (where a is given in 9.4.7.2), or equivalently by $(P_1 - P_2)(z_2 - z_0)/(z_2 - z_1)$ dB.

9.4.7.4 Some OTDRs can automatically perform the two-point subtractions in 9.4.7.1 to 9.4.7.3.

NOTE Some OTDRs can also utilize a least-squares fit to a line, but this may give results that differ from the two-point subtractions. The type of calculation is indicated in the detail specification. The least square average (LSA) may be the more repeatable method.

9.4.7.5 Repeat the calculations for the measurements made at each wavelength in the opposite direction. Compute the average of the two calculations made in 9.4.7.2 to arrive at the fibre's attenuation coefficient at that wavelength.

9.4.7.6 Repeat the calculations of subclauses 9.4.7.1 to 9.4.7.5 at each wavelength to determine the attenuation coefficient at each wavelength.

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

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

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

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

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

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

9.5.2 Etant donné que des distances précises doivent être enregistrées, il est nécessaire de déterminer l'indice effectif de temps de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Si cette valeur n'est pas connue, utiliser la méthode préconisée en 9.5.9 pour la déterminer.

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

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

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

9.5.6 Méthode à deux points: méthode A

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

9.5.6.1 Placer un curseur au début de la trace correspondant à l'échantillon en essai avant toute chute de puissance (cette opération peut s'avérer difficile à réaliser, voir figure 10), ou en un point (qui peut être spécifié par le fabricant) sur le front montant de l'impulsion de réflexion (figure 11). Si le début de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. Déterminer la coordonnée z_1 de la distance par l'intermédiaire de l'affichage alphanumérique.

9.5.6.2 Placer le même curseur ou un autre curseur à la fin de la trace correspondant à l'échantillon en essai en un point similaire à celui indiqué en 9.5.6.1. 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. Si la fin de la trace est située en dessous du palier de bruit, la mesure de la longueur peut présenter une erreur maximale égale à la largeur d'impulsion. Déterminer la coordonnée z_2 relative à la distance.

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

9.5.7 Méthode à un seul point: méthode B

Cette méthode est employée lorsqu'aucune section de fibre ou de câble (ou fibre amorce) ne précède l'échantillon en essai (figure 12).

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

9.5.2 Since accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the test sample is required. If this value is not known, use 9.5.9 to determine it.

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

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

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

9.5.6 Two-point method A

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

9.5.6.1 Place a cursor at the beginning of the test sample prior to any power drop-off (which may be difficult to do) (figure 10), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse (figure 11). If the beginning is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. Obtain the distance coordinate z_1 via the alphanumeric display.

9.5.6.2 Place the same or another cursor at the end of the test sample at a point similar to that in 9.5.6.1. If the end is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. Alternatively, cleave the fibre far-end, if possible, to produce a reflection there. If the end is below the noise floor, the length measurement may have a maximum error equal to the pulse length. Obtain the distance coordinate z_2 .

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

9.5.7 Single-point method B

This method is employed when no fibre or cable section (or dead-zone fibre) precedes the test sample (figure 12).

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

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

9.5.8 Méthode à un seul point: méthode C

Cette méthode est employée lorsqu'une section de fibre ou de câble (ou fibre amorce) de longueur connue z_D précède l'échantillon en essai (figure 13). La longueur peut être obtenue par une mesure mécanique, en utilisant, par exemple, des dispositifs de type à contact munis de compteurs.

NOTE Il convient que la fibre utilisée dans la section qui précède (ou la fibre amorce) ait un indice effectif de propagation de groupe similaire à celui de l'échantillon en essai.

9.5.8.1 Effectuer les étapes prescrites en 9.5.7.1.

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

9.5.9 Détermination de l'indice de groupe

9.5.9.1 Déterminer avec précision la longueur physique de la fibre ou du câble d'étalonnage prescrite en 9.3.2. Cela peut être effectué par une mesure mécanique, en utilisant, par exemple, des dispositifs de type à contact munis de compteurs.

9.5.9.2 Effectuer les étapes prescrites en 9.5.1 pour la fibre ou le câble étalon.

9.5.9.3 Effectuer les étapes prescrites en 9.5.3, mais avec un indice de groupe choisi arbitrairement.

9.5.9.4 Placer un curseur au début de la trace, comme cela a été prescrit en 9.5.6.1. Déterminer la coordonnée z_1 relative à la distance, par l'intermédiaire de l'afficheur alpha-numérique.

9.5.9.5 Placer un autre curseur à la fin de la trace, comme cela a été prescrit en 9.5.6.2. Déterminer la coordonnée z_2 relative à la distance.

9.5.9.6 Ajuster l'échelle des indices de groupe jusqu'à ce que la différence $(z_2 - z_1)$, qui peut être automatiquement calculée par l'instrument, soit égale à la longueur déterminée en 9.5.9.1.

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

9.6 Procédure d'essai – Mesure des discontinuités ponctuelles d'une fibre à l'aide d'un RODT

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

Une «discontinuité ponctuelle» est une déviation locale temporaire ou permanente du signal continu d'un RODT dans les sens aller ou retour. La nature de la déviation peut varier en fonction des conditions d'essai (ex.: durée d'impulsion, longueur d'onde et sens du signal du RODT). Bien que la longueur d'une discontinuité ponctuelle puisse être supérieure à la largeur d'impulsion affichée correspondante (y compris les effets de l'émetteur et du récepteur), habituellement la longueur est sensiblement égale à la largeur d'impulsion. Pour une interprétation correcte, il est nécessaire de suivre les étapes de l'essai prescrit en 9.5.

9.5.7.2 The test sample length equals z_2 .

9.5.8 Single-point method C

This method is employed when a fibre or cable section (or a dead-zone fibre) of known length z_D precedes the test sample (figure 13). The length may be obtained by mechanical measurement, for example by using contact-type devices with counters.

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

9.5.8.1 Perform the steps of 9.5.7.1.

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

9.5.9 Determination of group index

9.5.9.1 Accurately determine the physical length of the calibration fibre or cable required in 9.3.2. This may be done by mechanical measurement, for example by using contact-type devices with counters.

9.5.9.2 Perform the steps of 9.5.1 for the calibration fibre or cable.

9.5.9.3 Perform the steps of 9.5.3, but with an arbitrary group index.

9.5.9.4 Place one cursor at the beginning of the trace as per 9.5.6.1. Obtain the distance coordinate z_1 via the alphanumeric display.

9.5.9.5 Place another cursor at the end of the trace as per 9.5.6.2. Obtain the distance coordinate z_2 .

9.5.9.6 Adjust the group index scale until the difference $(z_2 - z_1)$, which may be automatically calculated by the instrument, equals the length determined in 9.5.9.1.

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

9.6 Test procedure – Measurement of fibre point discontinuities using an OTDR

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

A "point discontinuity" is a temporary or permanent local deviation of the continuous OTDR signal in the upward or downward direction. The nature of the deviation can vary with test conditions (e.g., pulse duration, wavelength and direction of the OTDR signal). Although a point discontinuity can have a length greater than the corresponding displayed pulse duration (including transmitter and receiver effects), the length is usually about equal to the pulse duration. For a correct interpretation, the test of 9.5 shall be followed.

Les figures illustrent des exemples de trace de RODT relatives à plusieurs discontinuités ou défauts ponctuels: un défaut réfléchissant et un défaut non réfléchissant, faisant tous deux apparaître une perte apparente (figure 14); un défaut faisant apparaître un «gain» apparent, et un défaut ne faisant apparaître aucune perte apparente ni aucun gain apparent (figure 15).

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

9.6.2 Etant donné que des distances précises doivent être enregistrées, il est nécessaire de déterminer l'indice effectif de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Si cette valeur n'est pas connue, utiliser la méthode de mesure de la longueur d'une fibre ou d'un câble à l'aide d'un RODT, pour la déterminer (9.5).

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

9.6.4 Ajuster l'instrument de manière à faire apparaître un signal de rétrodiffusion en provenance de l'échantillon en essai. Il peut être avantageux de commencer par un réglage grossier de l'échelle verticale et de l'échelle horizontale pour maximaliser la longueur affichée. Un exemple est illustré à la figure 14.

9.6.5 Examiner le signal du RODT sur toute la longueur de l'échantillon en essai pour toutes les discontinuités ponctuelles telles que définies en 9.6. Si une résolution accrue est nécessaire, régler, si possible, l'afficheur graphique pour dilater la section intéressante sur une échelle plus grande (en prenant des précautions pour s'assurer que la lecture du signal vrai soit bien distincte du bruit). Un exemple est illustré à la figure 15.

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

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

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

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

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

The figures show examples of OTDR traces for several types of point discontinuities or faults: a reflective fault and non-reflective fault, both exhibiting apparent loss (figure 14); a fault exhibiting an apparent "gain", and a fault with no apparent loss or gain (figure 15).

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

9.6.2 Since accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the test sample is required. If this value is not known, use the procedure for measurement of fibre or cable length using an OTDR (9.5) to determine it.

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

9.6.4 Adjust the instrument to display a backscatter signal from the test sample. It may be advantageous to begin with coarse vertical and horizontal scaling to maximize the length displayed. An example is given in figure 14.

9.6.5 Examine the OTDR signal along the test sample for point discontinuities as defined in 9.6. If increased resolution is needed, adjust the graphical display, if possible, to expand the section of interest to a larger scale (exercising care to assure that proper readings of the true signal can still be distinguished from the noise points). An example is given in figure 15.

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

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

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

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

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

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

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

9.7 Résultats

9.7.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- numéro d'identification de l'échantillon;
- désignation de la procédure d'essai;
- humidité relative et température ambiante.

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

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

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

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

9.7.1.3 Les informations suivantes doivent être fournies lors de chaque mesure des discontinuités ponctuelles d'une fibre ou d'un câble:

- identification de l'extrémité de l'échantillon où le RODT est localisé;
- caractéristiques des discontinuités ponctuelles telles que prescrites par la spécification particulière.

9.7.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

- échantillon en essai de la fibre ou du câble, y compris son type, son indice effectif de groupe, sa longueur et les conditions de déploiement;
- instrument RODT (y compris la marque, le modèle et les manuels);
- la ou les largeurs d'impulsion, la ou les plages d'échelle et les détails de moyennage du signal;
- la ou les longueurs d'onde centrales et la ou les largeurs spectrales, vérifiées périodiquement conformément aux prescriptions de 9.2.1;
- conditions d'injection;
- indication concernant l'utilisation de la fibre amorce;
- renseignements relatifs à l'étalonnage.

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

9.6.7.4 If required by the detail specification, repeat the test at another wavelength.

9.7 Results

9.7.1 The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- sample identification number;
- name of test procedure;
- relative humidity and ambient temperature.

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

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

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

- name of test procedure: method A, B or C;
- fibre or cable length.

9.7.1.3 The following information shall be reported with each measurement of fibre or cable point discontinuities:

- identification of sample end where OTDR is located;
- features of the point discontinuities as required by detail specification.

9.7.2 The following data shall be available upon request:

- fibre or cable test sample, including its type, effective group index, length and deployment conditions;
- OTDR instrument (including mark, model and manuals);
- pulse duration(s), scale range(s) and signal averaging details;
- central wavelength(s) and spectral width(s), as periodically verified in 9.2.1;
- launch conditions;
- indication if dead-zone fibre is used;
- calibration data.

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

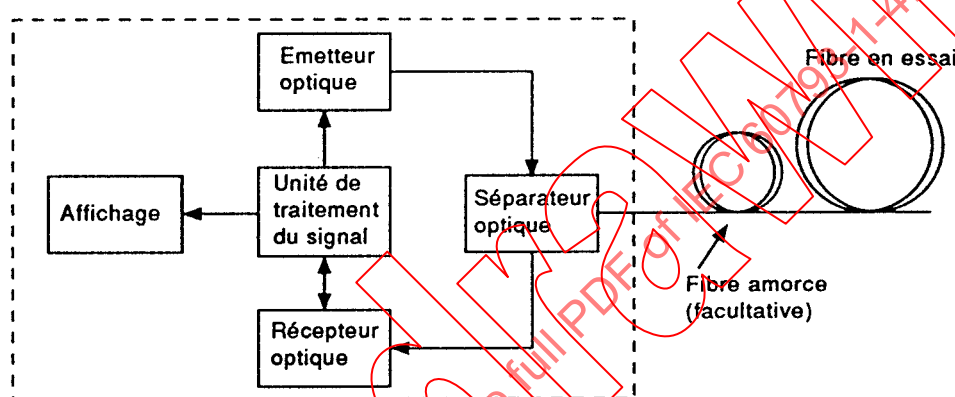
- méthode de calcul relative à l'affaiblissement ou à l'affaiblissement linéique.

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

- fibre ou câble d'étalonnage (si utilisé), conformément aux prescriptions de 9.3.3.

9.7.2.3 L'information suivante doit être disponible sur demande, lors de chaque mesure des discontinuités ponctuelles d'une fibre ou d'un câble:

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



IEC 2450/2000

Figure 7 – Schéma fonctionnel d'un RODT

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

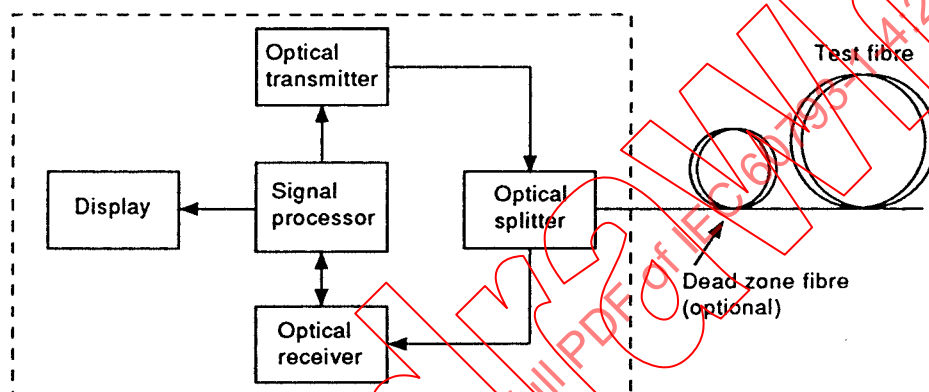
- method of calculation for the attenuation or attenuation coefficient.

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

- calibration fibre or cable (if used) as per 9.3.3.

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

- method of calculation, if used, for discontinuity apparent loss or gain.



IEC 2450/2000

Figure 7 – Block diagram of an OTDR

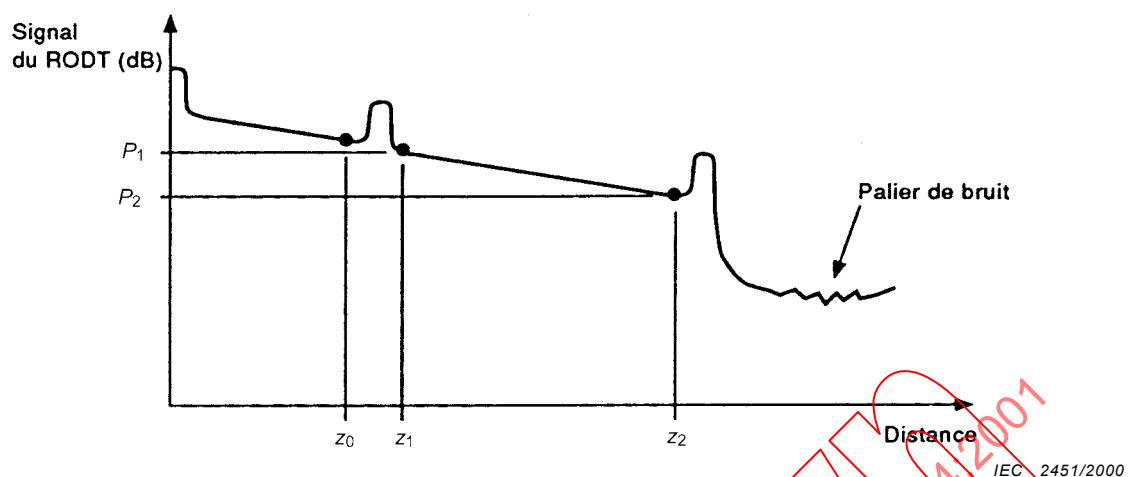


Figure 8 – Représentation schématique de la trace, sur un RODT, relative à un échantillon en essai «homogène» précédé d'une fibre amorce

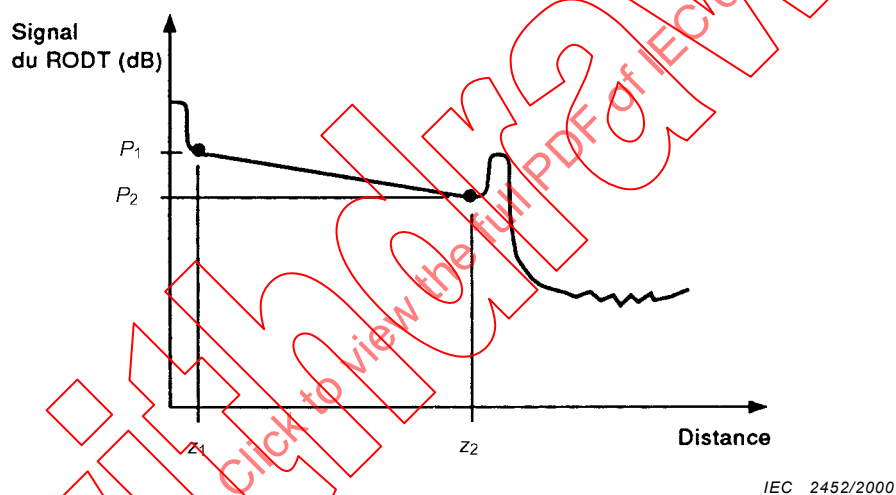


Figure 9 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai «homogène» non précédé d'une fibre amorce

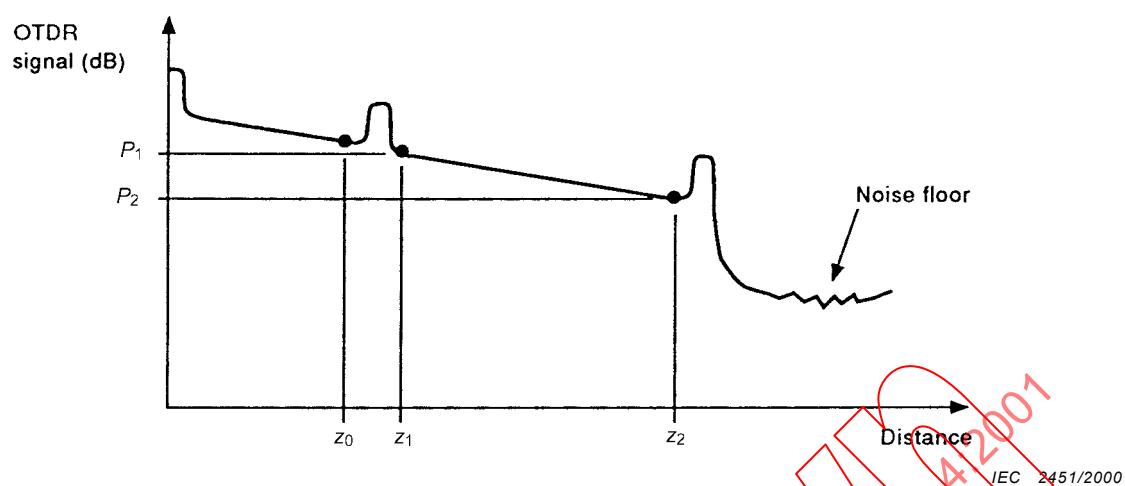


Figure 8 – Schematic OTDR trace for a "uniform" test sample preceded by a dead-zone fibre

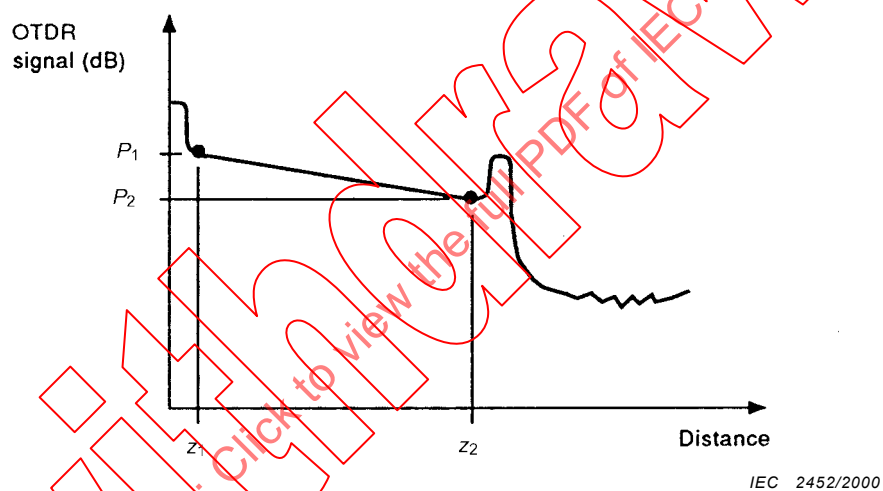


Figure 9 – Schematic OTDR trace for a "uniform" test sample not preceded by a dead-zone fibre

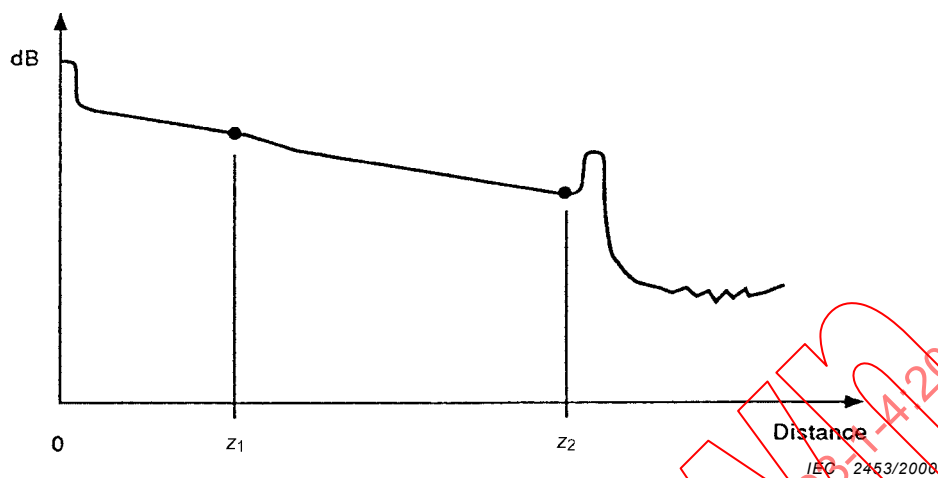


Figure 10 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_1 à z_0) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur inconnue z_1 , et sans impulsion de réflexion provenant du point de jonction de la fibre (méthode à deux points: méthode A)

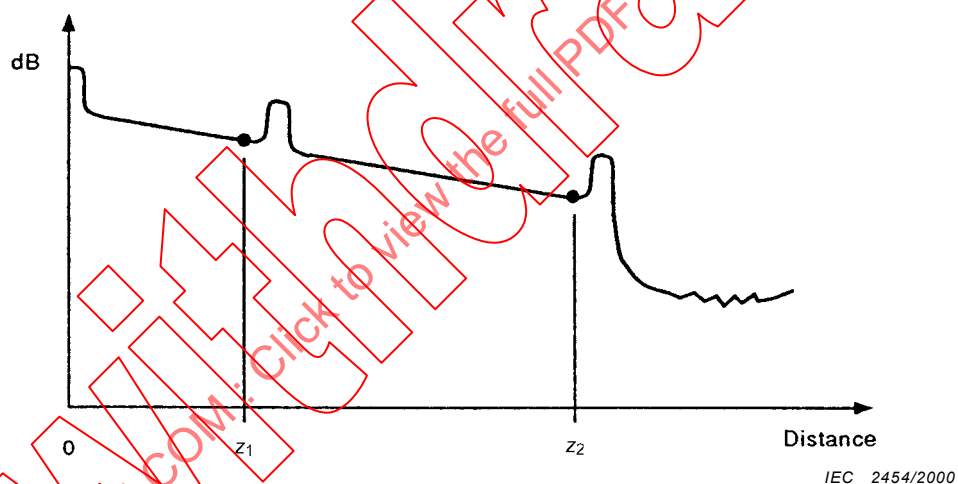


Figure 11 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_1 à z_2) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur inconnue z_1 , et avec une impulsion de réflexion provenant du point de jonction de la fibre (méthode à deux points: méthode A)

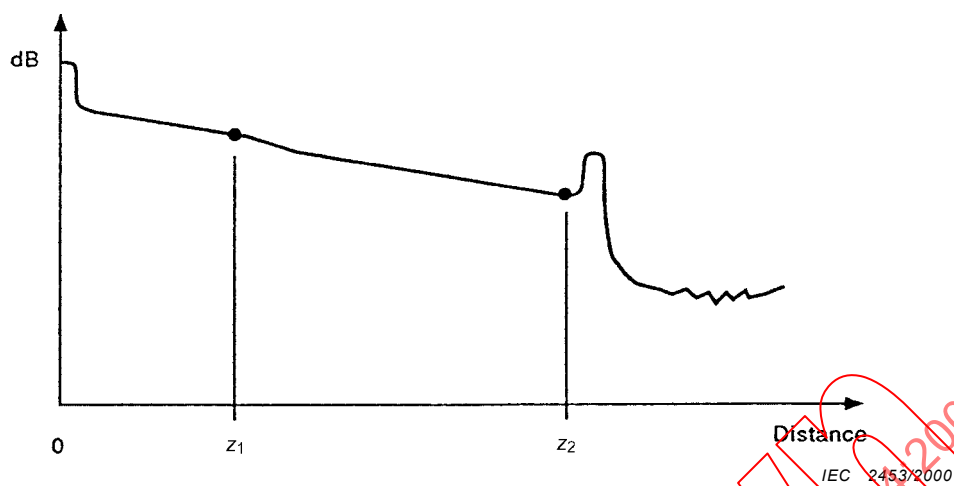


Figure 10 – Schematic OTDR trace of a test sample (z_1 to z_0) with a section (e.g., dead-zone fibre) of unknown length z_1 , preceding it and without a reflection pulse from the fibre joint point (two-point method A)

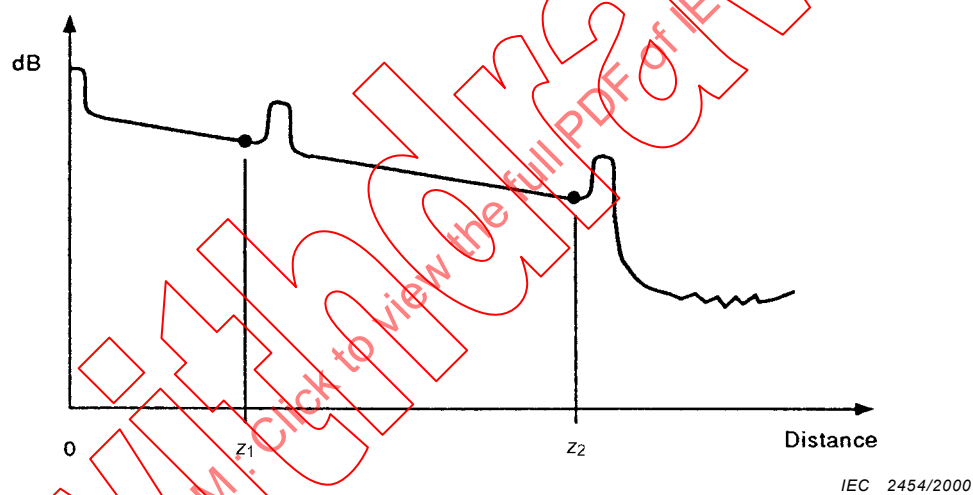
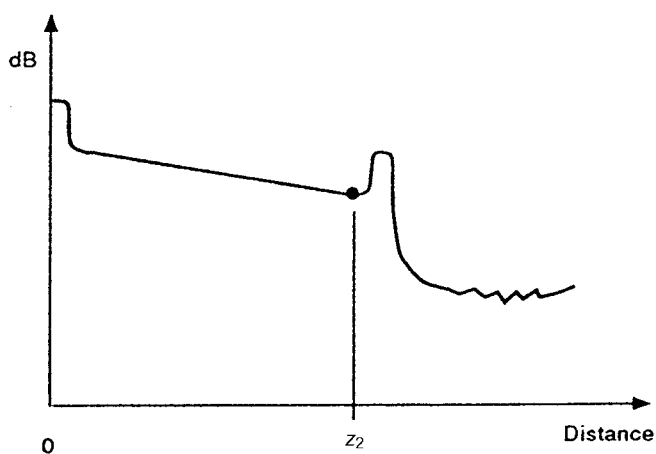
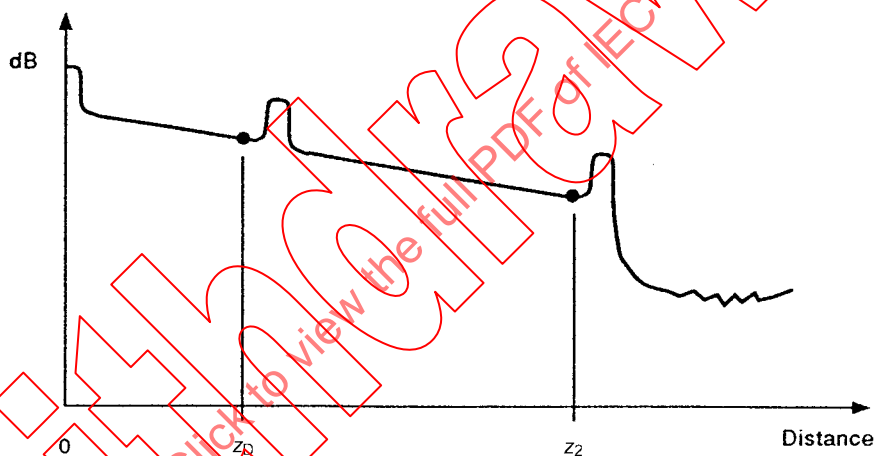


Figure 11 – Schematic OTDR trace of a test sample (z_1 to z_2) with a section (e.g., dead-zone fibre) of unknown length z_1 , preceding it and with a reflection pulse from the fibre joint point (two-point method A)



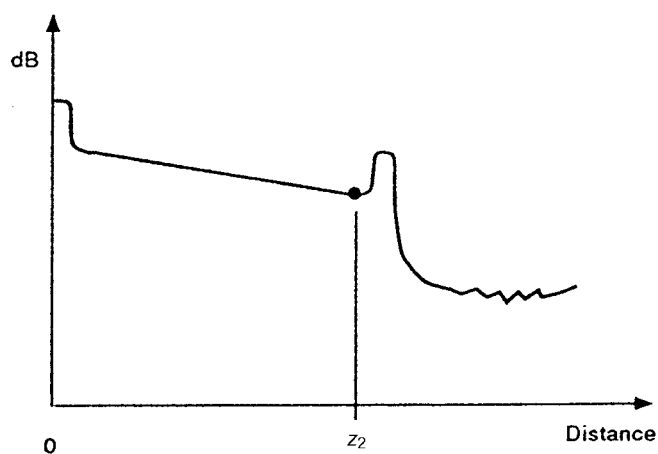
IEC 2455/2000

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)



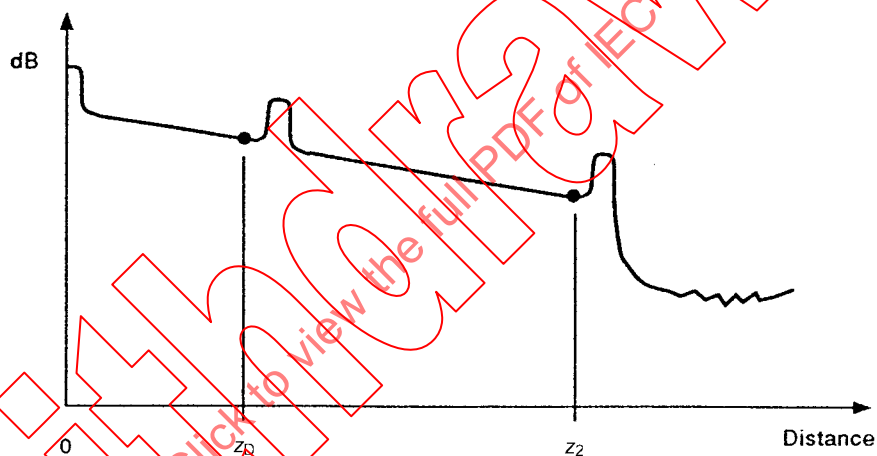
IEC 2456/2000

Figure 13 – Représentation schématique de la trace relative à un échantillon en essai (z_0 à z_2) précédé d'une section (ex.: une fibre amorce) de longueur connue z_0 (méthode à un seul point: méthode C)



IEC 2455/2000

Figure 12 – Schematic OTDR trace of a test sample (0 to z_2) with no section preceding it (single-point method B)



IEC 2456/2000

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)

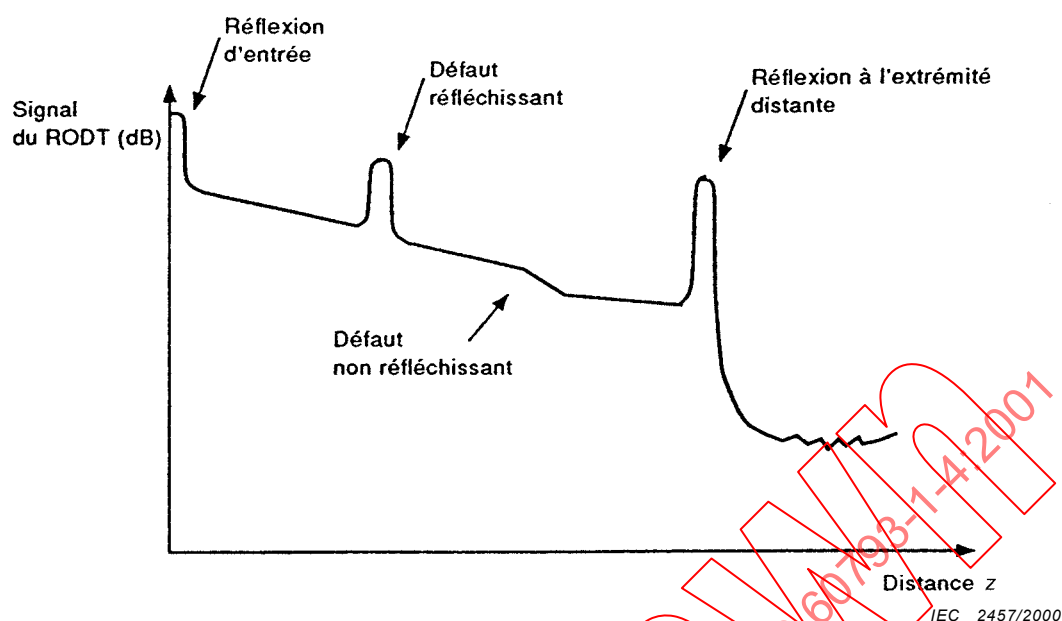


Figure 14 – Représentation schématique de la trace d'un RODT. Deux discontinuités ponctuelles sont illustrées avec la perte apparente: l'une est réfléchissante et l'autre est non réfléchissante

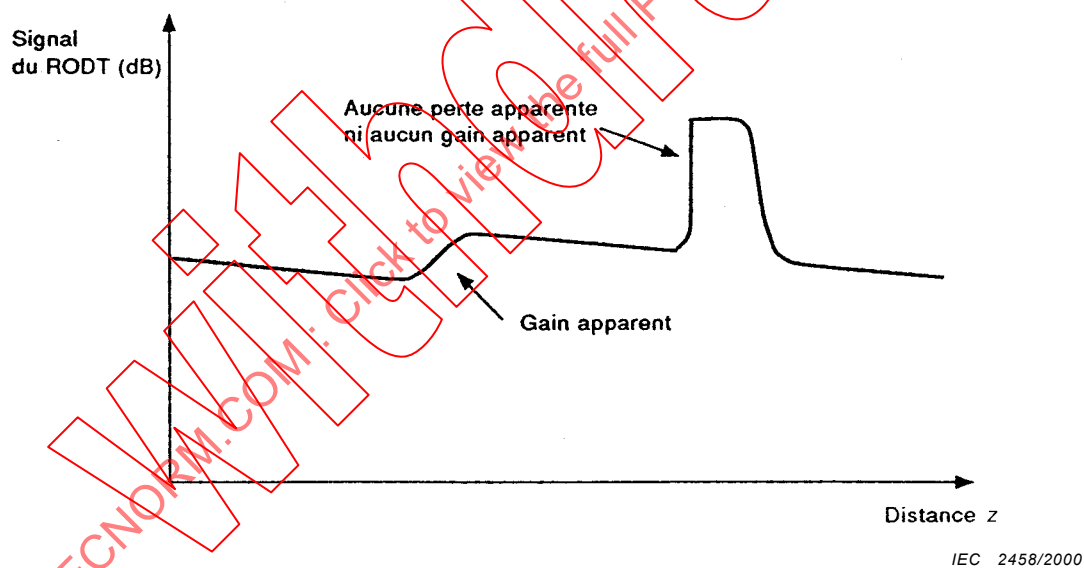


Figure 15 – Représentation schématique de la trace agrandie d'un RODT. Deux discontinuités ponctuelles sont illustrées: l'une présente un gain apparent et l'autre ne présente ni perte apparente ni gain apparent

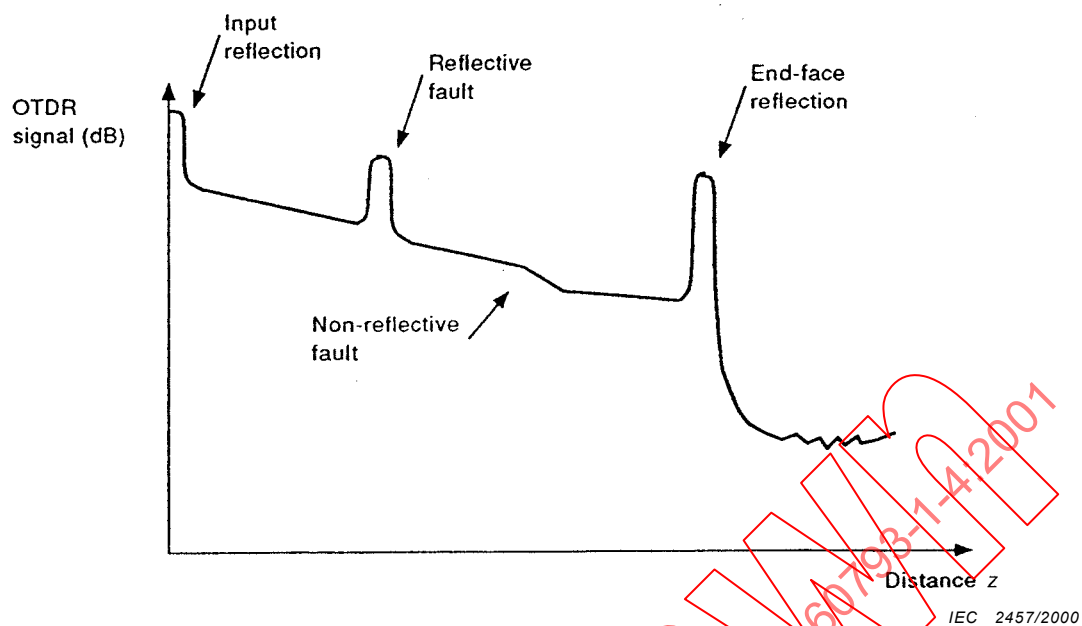


Figure 14 – Schematic of an OTDR trace. Point discontinuities with apparent loss are shown, one reflective and one non-reflective

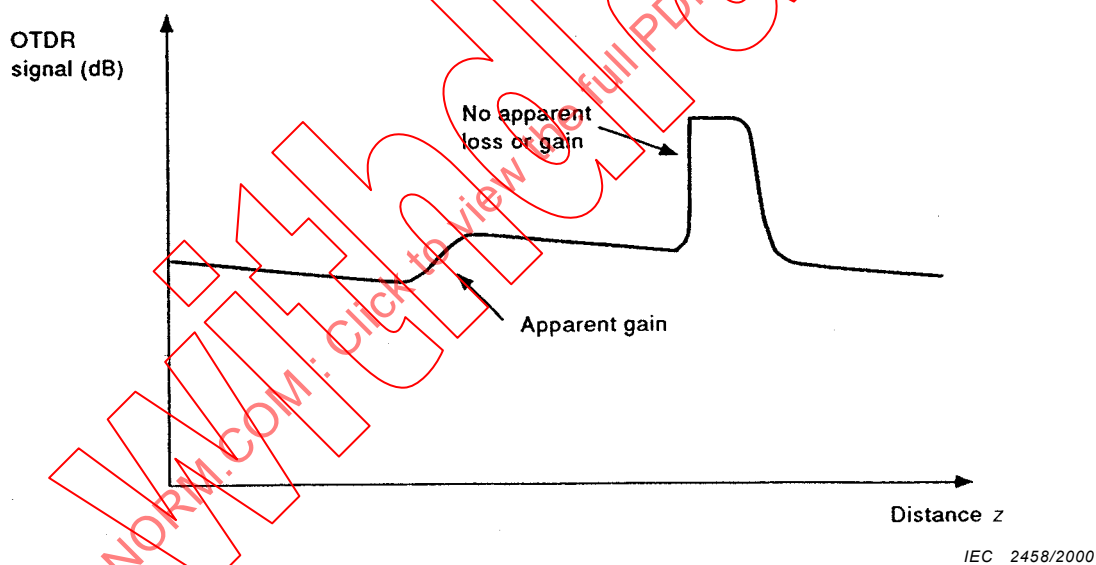


Figure 15 – Schematic of an expanded OTDR trace. Two point discontinuities are shown, one with apparent gain and another with no apparent loss or gain

10 Méthode CEI 60793-1-C1D – Modélisation de l'affaiblissement spectral

10.1 Objet

Cette technique calcule l'affaiblissement linéique sur un spectre de longueurs d'onde à partir d'un petit nombre de longueurs d'onde définies (trois à cinq) mesurées directement.

10.2 Appareillage

Cette technique utilisant des valeurs prédéterminées pour les calculs, aucun appareillage spécifique n'est requis. Il est recommandé de se reporter à la technique spécifiquement utilisée pour obtenir les valeurs mesurées à partir desquelles les calculs sont effectués.

10.3 Echantillon en essai

Voir 10.2.

10.4 Procédure d'essai

Voir 10.2.

10.5 Calculs

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 v . Le vecteur v contient l'affaiblissement linéique mesuré sur un petit nombre (trois à cinq) de longueurs d'onde de prévision (par exemple 1 310 nm, 1 330 nm, 1 360 nm, 1 380 nm et/ou 1 550 nm). Le produit de la matrice M par le vecteur v donne un autre vecteur w qui contient l'affaiblissement linéique prévisionnel pour un grand nombre de longueurs d'onde (à des intervalles de longueurs d'onde de 10 nm, de 1 240 nm à 1 600 nm, par exemple).

La matrice M est donnée par:

$$\begin{matrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ " & " & & " \\ " & " & & " \\ " & " & & " \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{matrix}$$

où

m est le nombre de longueurs d'onde pour lequel l'affaiblissement linéique doit être évalué;

n est le nombre de longueurs d'onde prévisionnelles.

La matrice M est ensuite multipliée par un vecteur v (d'éléments n) contenant la valeur d'affaiblissement linéique mesuré pour la fibre donnée: le résultat est un nouveau vecteur w (d'éléments m), qui donne les valeurs estimées d'affaiblissement linéique pour la plage donnée, c'est-à-dire:

$$w = M \cdot v$$

L'écart standard entre les valeurs réelles et prévisionnelles de l'affaiblissement linéique à chaque longueur d'onde doit être inférieur à 0,xx dB/km pour une plage définie de longueurs d'onde. Il est possible qu'une autre tolérance, 0,yy dB/km, soit nécessaire si une plage de longueurs d'onde supplémentaire est spécifiée. Il est recommandé que l'utilisateur et le fabricant s'accordent sur les valeurs de xx (et yy) et la ou les plages de longueur d'onde.

10 Method IEC 60793-1-C1D – Spectral attenuation modelling

10.1 Object

This technique predicts the attenuation coefficients across a spectrum of wavelengths from a small number (three to five) of discrete values measured directly.

10.2 Apparatus

Since this technique involves a calculation using predetermined values, there is no specific apparatus required. Please refer to the specific technique used to generate the measured values upon which the calculations are made.

10.3 Test sample

See 10.2.

10.4 Test procedure

See 10.2.

10.5 Calculations

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 contains the measured attenuation coefficients at a small number (three to five) of predictor wavelengths (e.g. 1 310 nm, 1 330 nm, 1 360 nm, 1 380 nm, and/or 1 550 nm). The matrix M multiplies vector $\mathbf{v}$ to yield another vector $\mathbf{w}$ that contains the predicted attenuation coefficients at many wavelengths (such as at 10 nm wavelength intervals from 1 240 nm to 1 600 nm).

The matrix M is given by:

$$\begin{matrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ " & " & & " \\ " & " & & " \\ " & " & & " \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{matrix}$$

where

m is the number of wavelengths where the attenuation coefficients have to be estimated;

n is the number of predictor wavelengths.

The matrix M then multiplies a vector $\mathbf{v}$ (n elements) containing the measured attenuation coefficients for the specific fibre. The result is a new vector $\mathbf{w}$ (m elements), giving the estimated values of the attenuation coefficients over the given range, i.e.:

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

The standard deviation of the difference between the actual and predicted attenuation coefficients at each wavelength is to be less than 0,xx dB/km within a stated wavelength range. A different tolerance, 0,yy dB/km, may be necessary if an additional wavelength range is specified. The values of xx (and yy) and the wavelength range(s) should be agreed upon between the user and the manufacturer.

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 le vecteur **w**, comme indiqué précédemment, calculé à partir du produit de **M** par **v**. Avec l'autre méthode, qui utilise une matrice générique, le fournisseur doit indiquer un vecteur de facteur de correction **e** qui transforme l'équation prévisionnelle comme suit:

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

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), déterminée et/ou appelée par un corps normalisé, un 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 **e**.

Si l'estimation est obtenue en utilisant la matrice **M** spécifique du fournisseur, le vecteur de correction **e** est inutile.

Les éléments de **M** et **e** étant obtenus sur une base statistique, les éléments du vecteur **w** doivent être interprétés en tant que valeurs statistiques. Pour indiquer la précision de l'affaiblissement linéique prévisionnel, les fournisseurs des fibres doivent donner un vecteur contenant l'écart standard entre l'affaiblissement linéique réel et prévisionnel ainsi que **M** et/ou **e** (voir 10.6).

NOTE 1 Afin de faciliter l'utilisation de cette matrice, il est recommandé de mesurer régulièrement la fibre aux longueurs d'onde prévisionnelles. Il est recommandé de mesurer 3 à 5 longueurs d'onde prévisionnelles, avec une nette préférence pour le plus petit nombre, s'il suffit à assurer la précision. Les longueurs d'onde retenues (par exemple 1 310 nm, 1 330 nm, 1 360 nm, 1 380 nm, et/ou 1 550 nm) constituent un élément pour une étude ultérieure.

NOTE 2 Avec ce modèle, seul l'affaiblissement des fibres non câblées est pris en considération. Pour tenir compte des effets dus au câblage et à l'environnement, il faut ajouter à **w** un vecteur supplémentaire.

10.6 Résultats

Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- identification de l'échantillon;
- affaiblissement prévisionnel et longueur d'onde correspondante.

Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

- méthode utilisée pour obtenir les valeurs d'affaiblissement mesurées;
- matrice utilisée pour prévoir l'affaiblissement spectral ou vecteur de correction si une matrice standard a été utilisée;
- vecteur contenant l'écart type entre les affaiblissements linéiques réel et prévisionnel obtenus lors du développement de la matrice.

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 as shown above from the product of M and $\mathbf{v}$. In another approach, 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), 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 $\mathbf{e}$.

If the estimate is obtained by using the supplier's specific matrix M , then no correction vector $\mathbf{e}$ is necessary.

Since the elements of both M and $\mathbf{e}$ are achieved on a statistical basis, the $\mathbf{w}$ vector elements shall be interpreted as statistical. To indicate the accuracy of the predicted attenuation coefficients, the fibre suppliers shall give a vector containing the standard deviation of the differences between the actual and predicted attenuation coefficients together with M and/or $\mathbf{e}$ (see 10.6).

NOTE 1 In order to facilitate the use of this matrix, the fibre should be routinely measured at the predictor wavelengths. The predictor wavelengths should number from three to five, with a strong preference given to the lower number if sufficient accuracy can be achieved. The specific wavelengths (e.g. 1 310 nm, 1 330 nm, 1 360 nm, 1 380 nm and/or 1 550 nm) are an item for further study.

NOTE 2 This model considers only uncabled fibre attenuation. An additional vector must be added to $\mathbf{w}$ to account for cabling effects and environmental effects.

10.6 Results

The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- sample identification;
- predicted attenuation and corresponding wavelength.

The following information shall be available upon request:

- method used to obtain the measured attenuation values;
- matrix used to predict the spectral attenuation or correction vector if a standard matrix was used;
- the vector containing the standard deviation of the differences between the actual and predicted attenuation coefficients obtained during the development of the matrix.

11 Réponse modale en bande de base

11.1 Définition

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

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

où

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

B_m est la largeur de bande de distorsion modale;

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

NOTE 1 On suppose que la réponse en bande de base de distorsion modale ainsi que le spectre de source sont gaussiens.

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

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

où

$\Delta\lambda$ est la largeur totale à mi-hauteur (LTMH) de la source (nm);

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

L est la longueur de l'échantillon (km)

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

Le paragraphe 11.2 et les articles 11 à 14 décrivent les méthodes de mesure de réponse en bande de base modale. La réponse en bande de base modale peut être exprimée dans le domaine temporel ou fréquentiel.

11.2 Définitions opérationnelles

a) Domaine temporel (réponse impulsionnelle)

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

b) Domaine fréquentiel (réponse fréquentielle)

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

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

où

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

$P_2(\omega)$ est le spectre de puissance du signal de modulation à la section 2.

11 Modal baseband response

11.1 Definition

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

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

where

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

B_m is the modal distortion bandwidth;

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

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

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

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

where

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

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

L is the section length (km).

The intent of this technique is to measure the modal baseband response and this is performed by minimizing the term $\Delta\lambda$ such that the difference between B_T and B_m is less than 10 %.

Subclause 11.2 and clauses 11 to 14 describe methods of measuring the modal baseband response. The modal baseband response can be expressed in the time domain or the frequency domain

11.2 Operational definitions

a) Time domain (impulse response)

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

b) Frequency domain (frequency response)

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

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

where

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

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

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

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

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

12 Description des méthodes de mesure de réponse en bande de base

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

a) Méthode de réponse impulsionnelle

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

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

b) Méthode de réponse fréquentielle

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

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

13 Méthode CEI 60793-1-C2A – Réponse impulsionnelle

13.1 Conditions d'injection

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

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

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

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

13.2 Appareillage

a) Exemple

Un schéma d'un dispositif d'essai convenable est représenté dans la figure 16.

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

NOTE The baseband responses in the time domain and the frequency domain in a linear system are related to each other by:

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

12 Description of baseband response measuring methods

Two measuring methods are indicated for baseband response measurements:

a) Impulse response method

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

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

b) Frequency response method

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

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

13 Method IEC 60793-1-C2A – Impulse response

13.1 Launching conditions

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

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

The following apparatus could each provide full launch conditions:

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

13.2 Apparatus

a) Example

A diagram of suitable test apparatus is given in figure 16.

b) Source optique

Une source laser doit être utilisée qui fonctionne bien au-dessus de l'émission spontanée. Elle doit être stable en position, intensité et longueur d'onde pendant la durée de l'essai. La longueur d'onde centrale (λ) doit être comprise dans des limites de ± 20 nm de la valeur nominale choisie parmi les gammes du tableau 2. De plus, la largeur totale à mi-hauteur (LTMH) de la raie, $\Delta\lambda$, ne doit pas dépasser la valeur correspondante indiquée dans le tableau 2.

Tableau 2 – Longueur d'onde nominale de la source et largeur spectrale

λ nm	$\Delta\lambda$ nm
800 – 900	5
1 200 – 1 350	10

c) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) de 7.3.

d) Détecteur optique

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

e) Équipement auxiliaire

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

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

NOTE Il convient que les mesures prises assurent un étalonnage, une linéarité et une stabilité du système corrects.

13.3 Procédure

a) Alignement de l'injection

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

b) Alignement du détecteur

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

c) Acquisition et exploitation des données

Les impulsions d'entrée et de sortie de la fibre sont enregistrées et la réponse en bande de base modale est calculée conformément au point a) de 11.2.

b) Optical source

A laser light source shall be used operating well above the spontaneous emission level. It shall be stable in position, intensity and wavelength for the test duration. Its centre wavelength (λ) shall be within ± 20 nm of the nominal value selected from the ranges given in table 2. In addition, the full width-half maximum (FWHM) line width, $\Delta\lambda$, shall not exceed the corresponding value given in table 2.

Table 2 – Nominal source wavelength and spectral width

λ nm	$\Delta\lambda$ nm
800 – 900	5
1 200 – 1 350	10

c) Cladding mode stripper

See item e) of 7.3.

d) Optical detector

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

e) Auxiliary equipment

Suitable equipment should be used, for example:

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

NOTE Measures taken should assure proper calibration, system linearity and system stability.

13.3 Procedure

a) Launch alignment

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

b) Detector alignment

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

c) Data acquisition and processing

At the fibre input and output, pulses are recorded and the modal baseband response is calculated in accordance with item a) of 11.2.

13.4 Résultats

13.4.1 Information nécessaire

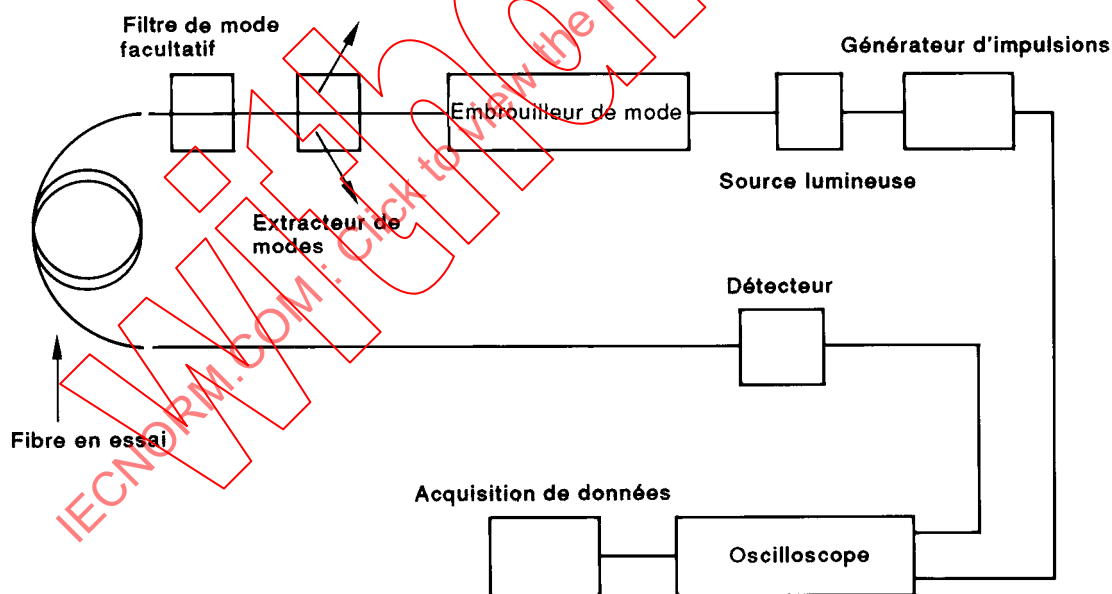
Les données suivantes doivent être fournies:

- date de l'essai;
- titre de l'essai;
- identification de la fibre;
- longueur de l'échantillon de fibre;
- longueur d'onde nominale de mesure;
- largeur de bande définie par le point à -3 dB (optique) de la courbe amplitude-fréquence;
- humidité relative et température ambiante.

13.4.2 Information disponible

Les données suivantes seront disponibles sur demande:

- longueur d'onde et largeur de spectre de la source;
- disposition du montage d'essai;
- courbes complètes des impulsions d'entrée et de sortie.



IEC 2459/2000

**Figure 16 – Mesure de la réponse en bande de base modale –
Exemple de mesure de la réponse impulsionnelle**

13.4 Results

13.4.1 Required information

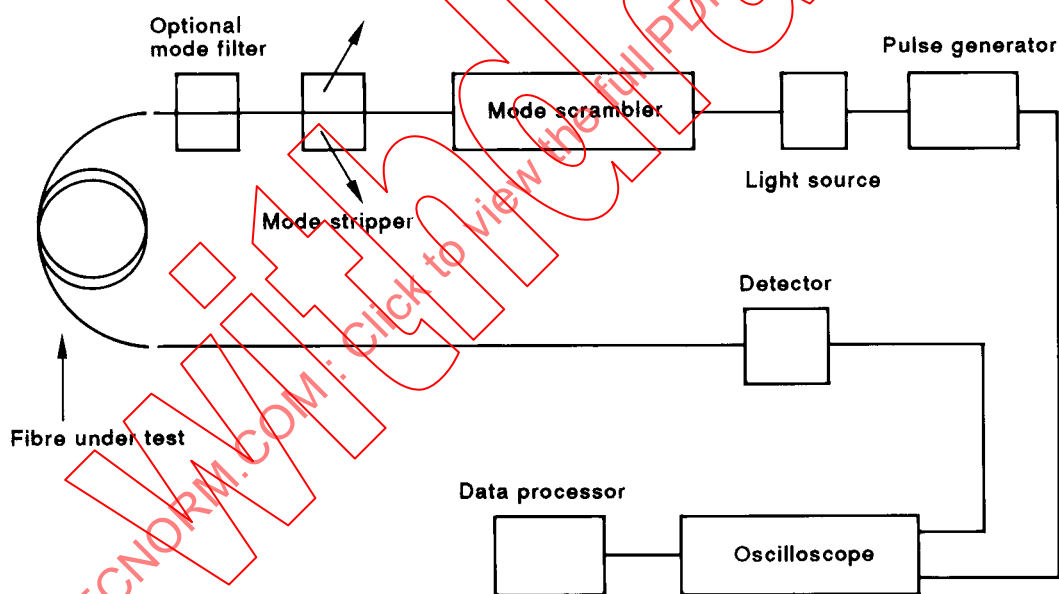
The following data shall be presented:

- date of test;
- title of test;
- fibre identification;
- length of fibre sample;
- nominal wavelength at which measurement is made;
- bandwidth defined by the –3 dB (optical) point of the amplitude-frequency curve;
- relative humidity and ambient temperature.

13.4.2 Available information

The following data shall be available on request:

- source wavelength and spectral width;
- test arrangement;
- full input and output pulse curves.



IEC 2459/2000

**Figure 16 – Modal baseband response measurement –
Example of impulse response measurement**

14 Méthode CEI 60793-1-C2B – Réponse fréquentielle

14.1 Conditions d'injection

Voir 13.1.

14.2 Appareillage

a) Exemple

Un schéma d'un dispositif d'essai convenable est représenté dans la figure 17.

b) Source optique

Voir le point b) de 13.2.

c) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) de 7.3.

d) Détecteur optique

Voir le point d) de 13.2.

e) Equipement auxiliaire:

- analyseur de spectre ou de réseau;
- source optique sinusoïdale.

NOTE Il convient que les mesures prises assurent un étalonnage, une linéarité et une stabilité du système corrects.

14.3 Procédure

a) Alignement de l'injection

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

b) Alignement du détecteur

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

c) Acquisition et exploitation des données

Les signaux d'entrée et de sortie de la fibre sont enregistrés et la réponse en bande de base modale est calculée conformément au point b) de 11.2.

14.4 Résultats

14.4.1 Information nécessaire

Les données suivantes doivent être fournies:

- date de l'essai;
- titre de l'essai;
- identification de la fibre;
- longueur de l'échantillon de fibre;
- longueur d'onde nominale de mesure;
- largeur de bande définie par le point à –3 dB (optique) de la courbe amplitude-fréquence;
- humidité relative et température ambiante.

14 Method IEC 60793-1-C2B – Frequency response

14.1 Launching conditions

See 13.1.

14.2 Apparatus

a) Example

A diagram of suitable apparatus is given in figure 17.

b) Optical source

See item b) of 13.2.

c) Cladding mode stripper

See item e) of 7.3.

d) Optical detector

See item d) of 13.2.

e) Auxiliary equipment:

- spectrum or network analyser;
- optical sine wave source.

NOTE Measures taken should assure proper calibration, system linearity and stability.

14.3 Procedure

a) Launch alignment

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

b) Detector alignment

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

c) Data acquisition and processing

The fibre input and output signals are recorded and the modal baseband response is calculated in accordance with item b) of 11.2.

14.4 Results

14.4.1 Required information

The following data shall be presented:

- date of test;
- title of test;
- fibre identification;
- length of fibre sample;
- nominal wavelength of measurement;
- bandwidth defined by the –3 dB (optical) point of the amplitude-frequency curve;
- relative humidity and ambient temperature.

14.4.2 Information disponible

Les données suivantes seront disponibles sur demande:

- longueur d'onde et largeur de spectre de la source;
- disposition du montage d'essai;
- courbes complètes de réponse en fréquence d'entrée et de sortie;
- résolution spectrale de l'équipement d'essai.

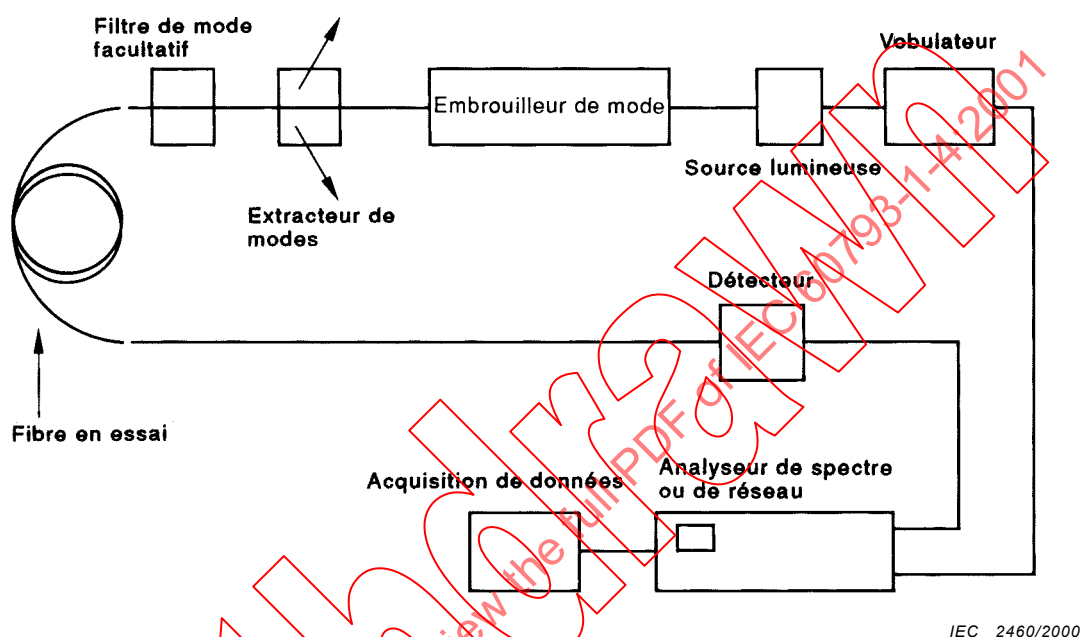
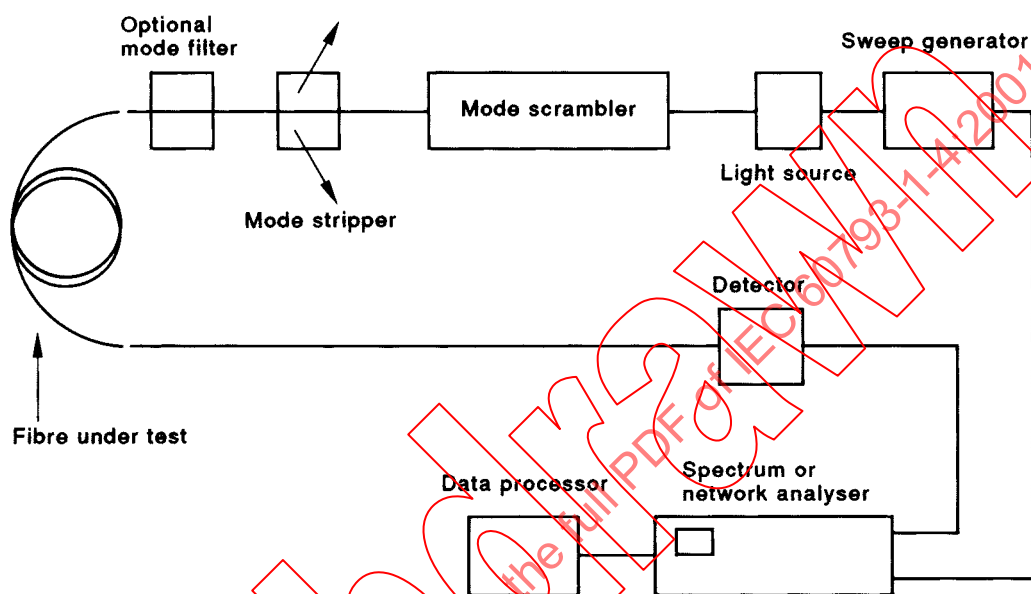


Figure 17 – Mesure de la réponse en bande de base modale –
Exemple de mesure de la réponse fréquentielle

14.4.2 Available information

The following data shall be available on request:

- source wavelength and spectral width;
- test arrangement;
- full input and output frequency response curves;
- spectral resolution of the test equipment.



IEC 2460/2000

Figure 17 – Modal baseband response measurement –
Example of frequency response measurement

15 Méthode CEI 60793-1-C3 – Sensibilité aux microcourbures

15.1 Description

Deux méthodes sont fournies pour la mesure de la sensibilité aux microcourbures des fibres de catégories A1 et B:

- méthode CEI 60793-1-C3A, qui utilise un tambour expansible pour les fibres de catégorie B;
- méthode CEI 60793-1-C3B, qui utilise un tambour de diamètre fixe pour les fibres de catégories A1 et B.

La méthode A fournit à l'utilisateur la sensibilité aux microcourbures d'une fibre unimodale mesurée sur une large gamme de pressions linéiques appliquées. La méthode B est une méthode plus simple, qui donne la sensibilité aux microcourbures d'une fibre de catégorie A1 et B pour une pression linéique fixe.

Les résultats d'essai pour ces deux méthodes ne peuvent être comparés que qualitativement.

L'essai doit être effectué dans des conditions normales de température et d'humidité relative.

Cet essai n'est pas destiné à être utilisé comme essai de routine. Il est normalement utilisé pour l'évaluation générale de la fibre. Dans la pratique, ce paramètre ne doit pas être spécifié dans une spécification particulière.

15.2 Méthode CEI 60793-1-C3A – Tambour expansible

15.2.1 Objet

Ce paragraphe décrit la procédure permettant de vérifier la sensibilité aux microcourbures des fibres unimodales. Cette méthode fournit l'augmentation de l'affaiblissement due aux effets des microcourbures, en fonction de la pression linéique appliquée à la fibre.

15.2.2 Appareillage

L'appareillage est constitué d'un tambour expansible dont le diamètre peut être modifié de façon continue. Pour éviter les effets dus aux macrocourbures, un diamètre minimal de 200 mm, incluant la courbure localisée à toute extrémité des segments mobiles, est prescrit. La surface du tambour doit être revêtue d'un matériau spécial de rugosité fixée (par exemple film de recouvrement PSA en papier de verre – qualité 40 μm – Al_2O_3 minéral). Il doit être possible d'enrouler au moins 400 m de la fibre en essai sur la surface revêtue du tambour.

Pendant l'expansion du tambour, l'allongement de la fibre doit être mesuré au moyen du montage d'essai décrit dans l'article 17 (méthode CEI 60793-1-C5A – déphasage). L'affaiblissement doit être mesuré par la technique de la fibre coupée (méthode CEI 60793-1-C1A) ou par la technique de rétrodiffusion (méthode CEI 60793-1-C1C). L'appareillage de mesure de l'affaiblissement et de l'allongement de la fibre doit être relié à la fibre en essai au moyen de deux coupleurs optiques directionnels appropriés. Pour la mesure de l'affaiblissement, il est également admis d'utiliser le contrôle en puissance transmise (méthode CEI 60793-1-C10A), qui ne nécessite pas de coupleurs directionnels.

15.2.3 Procédure

La fibre à essayer doit être enroulée avec soin sur le tambour revêtu, à une tension nulle, en une seule couche, en évitant tout croisement ou chevauchement. La fibre doit être fixée pour éviter un glissement relatif. Pendant l'expansion du tambour, les modifications d'affaiblissement linéique et de phase doivent être enregistrées.

15 Method IEC 60793-1-C3 – Microbending sensitivity

15.1 Description

Two methods are given for the measurement of the microbending sensitivity of category A1 and B fibres:

- method IEC 60793-1-C3A using an expandable drum for category B fibres;
- method IEC 60793-1-C3B using a fixed diameter drum for category A1 and B fibres.

Method A offers the user the microbending sensitivity of a single-mode fibre measured over a wide range of the applied linear pressure. Method B is a simpler method, showing the microbending sensitivity of a category A1 and B fibre for a fixed linear pressure.

The test results of these two methods can only be compared qualitatively.

The test shall be carried out at normal conditions of temperature and relative humidity.

This test is not meant to be used in a routine manner. It is normally utilized in a general evaluation of the fibre. This parameter shall not be generally specified within a detail specification.

15.2 Method IEC 60793-1-C3A – Expandable drum

15.2.1 Object

This subclause describes the procedure to verify the microbending sensitivity of single-mode fibres. This technique gives the loss increase due to microbending effects as a function of the linear pressure applied to the fibre.

15.2.2 Apparatus

The apparatus consists of an expandable drum, the diameter of which can be changed continuously. To avoid macrobending effects, a minimum diameter of 200 mm including local curvature at any edges of the expanded segments is required. The surface of the drum shall be coated with a special material of fixed roughness (for example sandpaper-lapping film PSA – grade 40 μm – mineral Al_2O_3). It shall be possible to wind at least 400 m of the fibre to be tested on the coated surface of the drum.

While expanding the drum, the fibre elongation shall be measured using the set-up arrangement described in clause 17 (method IEC 60793-1-C5A – phase shift). The attenuation measurement shall be carried out by the cut-back technique (method IEC 60793-1-C1A) or by the backscatter technique (method IEC 60793-1-C1C). The apparatus for the attenuation measurement and the fibre elongation measurement shall be connected to the fibre under test using two suitable optical directional couplers. For the attenuation measurement, a direct transmitted power monitoring measurement (method IEC 60793-1-C10A) is also allowed, which does not require directional couplers.

15.2.3 Procedure

The fibre to be tested shall be carefully wound on the coated drum with zero tension in one single layer avoiding any crossing or overlapping. The fibre shall be fixed to avoid relative slipping. While expanding the drum, the changes in attenuation coefficient and phase shall be recorded.

15.2.4 Calculs

L'allongement de la fibre découle de la formule suivante:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\theta}{f \cdot L} \cdot V$$

où

$\Delta\theta$ est le déphasage (en degrés);

f est la fréquence de modulation (Hz);

L est la longueur de l'échantillon (km);

V est la constante qui dépend du coefficient de photoélasticité (k), de la vitesse de la lumière dans le vide (c) et de l'indice de réfraction de groupe effectif (N_{ef}):

$$V = \frac{k \cdot c}{360 N_{\text{ef}}}$$

Pour les fibres de catégorie B1, la valeur type de V est de 726 km/s/degré.

A partir de là, on peut calculer la pression linéique:

$$P = \frac{T}{R} = \frac{EA\varepsilon}{R}$$

où

T est la tension appliquée à la fibre (N);

R est le rayon du tambour expansible au repos (mm);

E est le module de Young de la fibre (N/mm²);

A est la section de la fibre (partie en verre) (mm²).

Les variations d'affaiblissement linéique (dB/km) sont tracées en fonction de la pression linéique P (N/mm) ou de l'allongement ε (%). Les points obtenus sont reliés par interpolation par une ligne droite passant par l'origine dont la pente donne la sensibilité aux microcourbures ((dB/km)/(N/mm)) ou (dB/km/%) de la fibre soumise à l'essai.

15.2.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- montage d'essai;
- diamètre minimal du tambour expansible;
- rugosité et type de matériau utilisé;
- identification de la fibre;
- longueur de la fibre enroulée sur le tambour expansible;
- longueur d'onde de la source optique;
- courbe de la variation d'affaiblissement linéique mesuré en fonction de la pression linéique calculée ou en fonction de l'allongement;
- sensibilité aux microcourbures ((dB/km)/(N/mm)) ou (dB/km/%) ;
- humidité relative et température ambiante.

15.2.4 Calculations

The fibre elongation can be found from:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\theta}{f \cdot L} V$$

where

$\Delta\theta$ is the phase shift (degrees);

f is the modulation frequency (Hz);

L is the length of the sample (km);

V is the constant depending on the photoelastic coefficient (k), the speed of light in a vacuum (c) and the effective group index of refraction (N_{ef}):

$$V = \frac{k \cdot c}{360 N_{\text{ef}}}$$

For B1 fibres, V is typically 726 km/s/degree.

From this, the linear pressure can be calculated:

$$P = \frac{T}{R} = \frac{EA\varepsilon}{R}$$

where

T is the tension applied to the fibre (N);

R is the radius of the expandable drum in rest condition (mm);

E is the Young's modulus of the fibre (N/mm²);

A is the cross-sectional area of the fibre (glass part) (mm²).

The changes in attenuation coefficient (dB/km) are plotted as a function of the linear pressure P (N/mm) or of the elongation ε (%). The points obtained are interpolated by a straight line passing through the origin, the slope of which gives the microbending sensitivity ((dB/km)/(N/mm)) or (dB/km/%) of the tested fibre.

15.2.5 Results

The following details shall be presented:

- test apparatus arrangement;
- minimum diameter of the expandable drum;
- roughness and type of material used;
- fibre identification;
- length of fibre wound on the expandable drum;
- wavelength of optical source;
- plot of the measured change in attenuation coefficient as a function of the calculated linear pressure or of the elongation;
- microbending sensitivity ((dB/km)/(N/mm)) or (dB/km/%)
- relative humidity and ambient temperature.

15.3 Méthode CEI 60793-1-C3B – Tambour à diamètre fixe

15.3.1 Objet

Ce paragraphe décrit la procédure permettant de vérifier la sensibilité aux microcourbures des fibres de catégories A1 et B. Cette méthode fournit l'augmentation de l'affaiblissement due aux effets des microcourbures pour une pression linéique fixe appliquée à la fibre.

15.3.2 Appareillage

L'appareillage est constitué d'un tambour de diamètre fixe. Pour éviter les effets dus aux macrocourbures, un diamètre minimal de 200 mm est prescrit.

La surface du tambour doit être revêtue d'un matériau de rugosité fixée (par exemple film de recouvrement PSA en papier de verre – qualité 40 μm – Al_2O_3 minéral). Il doit être possible d'enrouler au moins 400 m de la fibre en essai sur la surface revêtue du tambour.

La mesure de l'affaiblissement doit être effectuée par la technique de la fibre coupée (méthode CEI 60793-1-C1A) ou par la technique de rétrodiffusion (méthode CEI 60793-1-C1C).

15.3.3 Procédure

La fibre en essai doit être enroulée en une seule couche sur le tambour revêtu avec une force d'enroulement de 3 N (valeur provisoire).

On mesure ensuite l'affaiblissement linéique total. Pour obtenir l'augmentation de l'affaiblissement due à la sensibilité aux microcourbures, cette valeur doit être corrigée de l'affaiblissement linéique intrinsèque de la fibre en essai. Si une force d'enroulement importante est utilisée, l'affaiblissement mesuré est principalement induit par les pertes dues aux microcourbures.

15.3.4 Calculs

La sensibilité aux microcourbures est obtenue par la relation suivante:

$$\text{sensibilité aux microcourbures} = \frac{\alpha R}{T} = \frac{\alpha}{P} \quad ((\text{dB} / \text{km}) / (\text{N} / \text{mm}))$$

où

α est l'augmentation de l'affaiblissement due à la sensibilité aux microcourbures (dB/km);

P est la pression linéique (N/mm);

R est le rayon du tambour fixe (mm);

T est la tension d'enroulement appliquée à la fibre (N).

On peut répéter l'ensemble de la procédure en utilisant des forces d'enroulement différentes.

15.3 Method IEC 60793-1-C3B – Fixed diameter drum

15.3.1 Object

This subclause describes the procedure to verify the microbending sensitivity of category A1 and B fibres. This technique gives the loss increase due to microbending effects for a fixed linear pressure applied to the fibre.

15.3.2 Apparatus

The apparatus consists of a fixed diameter drum. To avoid macrobending effects, a minimum diameter of 200 mm is required.

The surface of the drum shall be coated with a special material of fixed roughness (for example sandpaper-lapping film PSA – grade 40 μm – mineral Al_2O_3). It shall be possible to wind at least 400 m of the fibre to be tested on the coated surface of the drum.

The attenuation measurement shall be carried out by the cutback technique (method IEC 60793-1-C1A) or by the backscatter technique (method IEC 60793-1-C1C).

15.3.3 Procedure

The fibre to be tested shall be wound on the coated drum in one single layer with a winding force of 3 N (provisional value).

Then, the total attenuation coefficient is measured. In order to find the attenuation increase caused by the microbending sensitivity, this value shall be corrected for the intrinsic attenuation coefficient of the fibre under test. In case of a large winding force, the measured attenuation is mainly microbending loss.

15.3.4 Calculations

The microbending sensitivity is found by the following relation:

$$\text{microbending sensitivity} = \frac{\alpha R}{T} = \frac{\alpha}{P} \quad ((\text{dB} / \text{km}) / (\text{N} / \text{mm}))$$

where

α is the attenuation increase due to microbending sensitivity (dB/km);

P is the linear pressure (N/mm);

R is the radius of the fixed drum (mm);

T is the winding tension applied to the fibre (N).

The complete procedure may be repeated using different winding forces.

15.3.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- date de l'essai;
- montage d'essai;
- diamètre du tambour;
- rugosité et type du matériau utilisé;
- identification de la fibre;
- longueur de la fibre enroulée sur le tambour revêtu;
- longueur d'onde de la source optique;
- sensibilité aux microcourbures ((dB/km)/(N/mm));
- humidité relative et température ambiante.

15.4 Méthode CEI 60793-1-C3C – Essai de microcourbure sur treillis

15.4.1 Objet

Ce paragraphe décrit la procédure qui permet de déterminer la sensibilité relative de la fibre optique aux pertes subies par microcourbure lorsqu'un treillis est utilisé pour introduire la microcourbure. La possibilité d'extrapoler les résultats de cet essai pour mettre en lumière des ordres de grandeur typiques pour câble optique n'a pas été établie.

15.4.2 Appareillage

15.4.2.1 Source lumineuse

Une source lumineuse dont la largeur de raie à mi-hauteur (LMH) est ≤ 10 nm (ou comme indiqué dans la spécification particulière), stable en longueur d'onde et en intensité, et pouvant opérer sur la plage de longueurs d'onde indiquée dans la spécification particulière doit être utilisée.

15.4.2.2 Détecteur

Une photodiode dont la réponse spectrale est compatible avec la source lumineuse doit être utilisée. La réponse du système de détection doit aussi être compatible avec les techniques de modulation, si elles sont utilisées, et doit être linéaire au niveau de la puissance d'entrée dans la plage de longueurs d'onde de mesure. Il est possible de moduler la source lumineuse afin d'améliorer le rapport signal/bruit sur le récepteur.

15.4.2.3 Filtre de mode

Pour éviter la propagation de modes d'ordre supérieur générés à l'extrémité d'injection, un filtre de mode, constitué d'une boucle de fibre d'un diamètre nominal de 60 mm, doit être utilisé.

15.4.2.4 Equipement générateur de microcourbures

Un exemple de montage utilisé pour produire des pertes par microcourbures est illustré à la figure 18 et décrit ci-dessous. La plaque d'appui métallique fait office de repère et de surface plane pour les parties supérieures du dispositif. Deux chevilles de positionnement sont fixées dans la plaque d'appui.

15.3.5 Results

The following details shall be presented:

- date of test;
- test apparatus arrangement;
- diameter of drum;
- roughness and type of material used;
- fibre identification;
- length of fibre wound on the coated drum;
- wavelength of the optical source;
- microbending sensitivity ((dB/km)/(N/mm));
- relative humidity and ambient temperature.

15.4 Method IEC 60793-1-C3C – Wire mesh microbending test method

15.4.1 Object

This subclause describes the procedure to determine the relative susceptibility of optical fibre to losses incurred due to microbending where a wire mesh is used to introduce the microbending. The ability to extrapolate the results of this test to stress magnitudes typical of optical cable has not been established.

15.4.2 Apparatus

15.4.2.1 Light source

A light source with a full width half maximum (FWHM) line width of ≤ 10 nm (or as stated in the detail specification), stable in wavelength and intensity and capable of operating over the wavelength range as stated in the detail specification shall be used.

15.4.2.2 Detector

A photodiode with a spectral response compatible with the light source shall be used. The detector system response shall also be compatible with modulation techniques where used and shall be linear with respect to the input power over the measured wavelength range. The light source may be modulated in order to improve the signal-to-noise ratio at the receiver.

15.4.2.3 Mode filter

To prevent the propagation of higher order modes generated at the launch end, a mode filter, which is one fibre turn of a nominal 60 mm diameter, shall be used.

15.4.2.4 Microbend inducing equipment

An example of the arrangement used to produce microbend losses is shown in figure 18. The metal base plate acts as a location and smooth surface for the upper layers of the equipment. Two locating dowels are fixed into the base plate.

Une plaque de caoutchouc vulcanisé, de dureté Shore A 73 à 75, est fixée à la plaque d'appui de sorte que les chevilles de positionnement ne puissent pas se déplacer. Un cercle de 98,5 mm de diamètre est tracé sur le dessus de la plaque de caoutchouc. Une portion de la plaque de caoutchouc est découpée de façon à éviter le croisement des fibres, ce qui réduit la longueur de fibre en essai d'environ 8 mm. Il est important que la plaque de caoutchouc soit plane et ne soit pas marquée par des encoches de quelque sorte que ce soit.

Le treillis, comme indiqué dans la spécification particulière, est percé de trous qui permettent une mise en place répétée précise sur les chevilles de la plaque d'appui.

Le plateau supérieur (masse nominale 1 kg) a deux trous de positionnement qui permettent un ajustement glissant avec les chevilles de la plaque d'appui. Une série de poids, 5×1 kg, ou comme indiqué dans la spécification particulière, fournit la charge supplémentaire pour provoquer des pertes de microcourbures supplémentaires.

15.4.3 Prescriptions de la spécification particulière

- Plage de longueurs d'onde (1 200 nm à 1 600 nm, par exemple)
- Largeur de raie (≤ 10 nm, par exemple)
- Taille de l'incrément (≤ 10 nm, par exemple)
- Incrément de la charge (1 kg, par exemple)
- Spécification du treillis (70, tissé, par exemple)
- Nombre d'échantillons (5 à 10, par exemple)

15.4.4 Procédure

Placer la fibre en boucle suivant le cercle tracé sur la plaque de caoutchouc. Au besoin, la fibre peut être maintenue en place à l'aide de trois petits morceaux de ruban adhésif au maximum.

Monter le treillis sur les chevilles de positionnement. Abaisser doucement le plateau supérieur pour pousser le treillis jusqu'à la fibre. Enregistrer la puissance mesurée sur la plage de longueurs d'onde spécifiée.

Placer la charge spécifiée sur le plateau supérieur et enregistrer la puissance mesurée sur la plage de longueurs d'onde spécifiée. Répéter l'opération avec quatre incréments de charge supplémentaires.

15.4.5 Calculs

Calculer l'incrément de perte moyenne en (dB/m)/(kg/m) en fonction de la longueur d'onde sur la plage de longueurs d'onde spécifiée.

15.4.6 Résultats

Il convient de fournir les informations suivantes:

- montage et conditions d'essai;
- répétitivité et précision de la méthode d'essai;
- identification de la fibre;
- longueur de fibre en essai;
- incrément de perte moyenne sur la plage de longueurs d'onde;
- diamètre du champ de mode;
- longueur d'onde de coupure.

A sheet of vulcanized rubber of Shore A hardness 73 to 75 is fixed to the base plate so that it cannot move relative to the locating dowels. The top of the rubber sheet is marked with a circle of diameter 98,5 mm. A portion of the rubber sheet is cut away to prevent fibre crossover, which reduces the length of fibre under test by about 8 mm. It is important that the rubber sheet be flat and not marked by grooves of any sort.

The wire mesh, as specified in the detail specification, has holes drilled into it to allow repeated accurate location on to the dowels in the base plate.

The top plate (of nominal mass 1 kg) has two location holes which have a sliding fit with the dowels in the base plate. A set of weights, 5 × 1 kg or as specified in the detail specification, provides the additional load to cause additional microbend losses.

15.4.3 Requirements from detail specification

- Wavelength range (e.g. 1 200 nm to 1 600 nm)
- Line width (e.g. ≤ 10 nm)
- Step size (e.g. ≤ 10 nm)
- Load increment (e.g. 1 kg)
- Mesh specification (e.g. 70, woven)
- Number of samples (e.g. 5 to 10)

15.4.4 Procedure

Place the fibre in a loop to follow the circle on the rubber sheet. If necessary, the fibre may be held in place by no more than three small pieces of tape.

Assemble the mesh onto the locating dowels. Gently lower the top plate down to push the mesh onto the fibre. Record the power reading over the specified wavelength range.

Apply the specified load to the top plate and record the power reading over the specified wavelength range. Repeat the test with additional four load increments.

15.4.5 Calculations

Calculate the mean loss increment in (dB/m)/(kg/m) as a function of wavelength over the specified wavelength range.

15.4.6 Results

The following information should be available:

- test arrangement and conditions;
- repeatability and accuracy of test method;
- fibre identification;
- length of fibre under test;
- mean loss increment across the wavelength range;
- mode field diameter;
- cut-off wavelength.

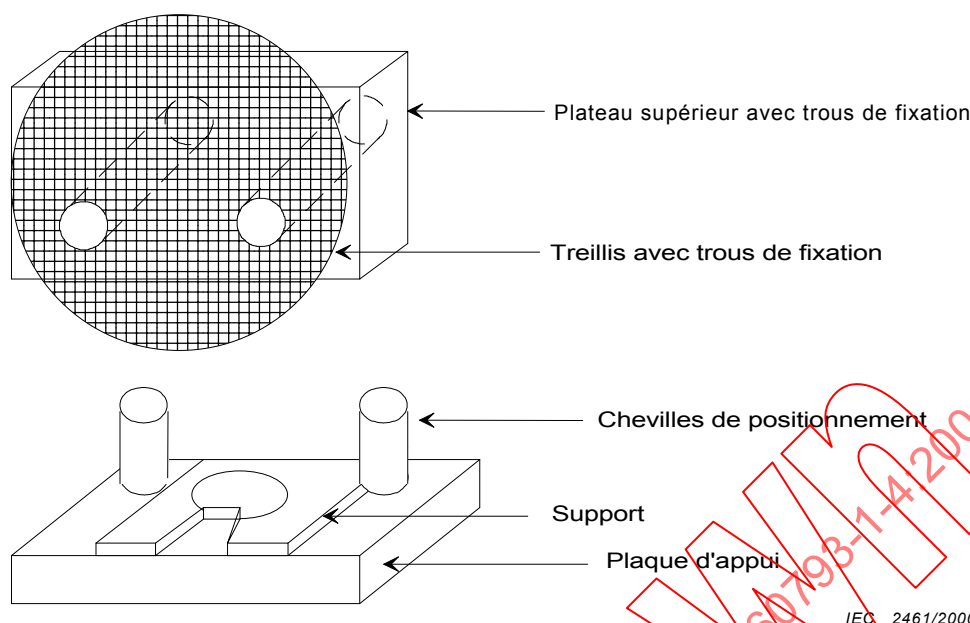


Figure 18 – Diagramme schématique d'essai de microcourbure

16 Méthode CEI 60793-1-C4 – Énergie lumineuse transmise ou rayonnée

16.1 Définitions

16.1.1 Continuité optique

La continuité optique d'une longueur de fibre est indiquée par la possibilité de transmission de l'énergie lumineuse dans cette fibre. Cette continuité peut être démontrée en injectant de la lumière à une extrémité de la fibre et en mesurant le flux énergétique en sortie de la fibre.

16.1.2 Discontinuité optique (coupure)

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

16.2 Objet

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

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

Quand la longueur de la fibre à mesurer est adéquate, une méthode basée sur la technique de rétrodiffusion est applicable. Cette méthode est décrite aux articles 9 et 32.

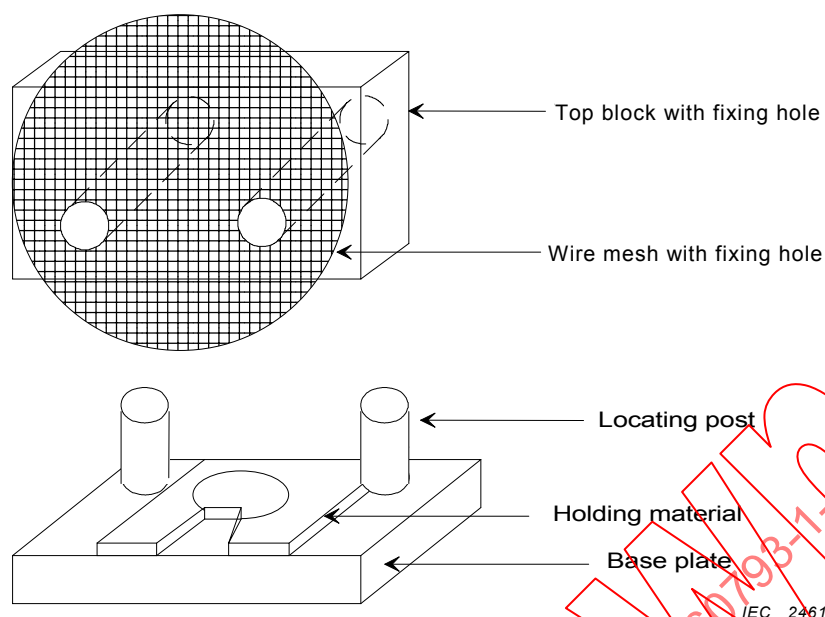


Figure 18 – Schematic diagram of microbend test

16 Method IEC 60793-1-C4 – Transmitted or radiated light power

16.1 Definitions

16.1.1 Optical continuity

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

16.1.2 Optical discontinuity (break)

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

16.2 Object

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

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

When the length of the fibre being measured is adequate, a method based on backscattering techniques is applicable. This backscattering method is described in clauses 9 and 32.

Il peut être nécessaire de détecter les coupures:

- a) d'un échantillon avant application des contraintes mécaniques;
- b) d'une fibre après soumission à des contraintes mécaniques.

16.3 Equipement

16.3.1 Généralités

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

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

Un dispositif typique d'essai est décrit ci-dessous à la figure 19.

16.3.2 Source optique

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

16.3.3 Détecteur optique

Un récepteur adapté à la source utilisée (7), une photodiode PIN par exemple, associé à un détecteur de seuil (9) réglable par un diviseur de tension (8) et à un indicateur (10). Tout autre dispositif équivalent pourra être utilisé. Pour des raisons évoquées en 16.3.2 la surface sensible du détecteur doit être de grandes dimensions.

16.3.4 Embouts

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

16.3.5 «Court-circuit optique»

Un «court-circuit optique» (5a) s'adaptant à la source et au détecteur qui permet d'effectuer un calibrage du zéro.

16.4 Procédure

16.4.1 Réglage de l'appareil

- a) Par l'utilisation d'un «court-circuit optique» (5a) d'intégrité connue, vérifier le fonctionnement de l'appareil.
- b) Lors de l'utilisation de l'appareil décrit à la figure 19, régler le diviseur de tension (8) de sorte que le seuil du détecteur (9) soit à la limite du déclenchement et que l'indicateur (10) fonctionne (si un photomètre est utilisé, vérifier que la lecture est satisfaisante).

Breaks may be required to be detected:

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

16.3 Apparatus

16.3.1 General

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

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

A typical test arrangement is shown in figure 19.

16.3.2 Optical source

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

16.3.3 Optical detector

A receiver matched with the source which is used (7), PIN photodiode for instance, associated to a threshold detector (9) adjustable by means of a potential divider (8) and to an indicator (10). Any equivalent device may be used. For the reasons pointed out in 16.3.2 the sensitive surface of the detector shall have great dimensions.

16.3.4 Fibre positioner

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

16.3.5 Check fibre

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

16.4 Procedure

16.4.1 Apparatus adjustment

- a) Using a short check fibre (5a) of known integrity, test the operation of the apparatus.
- b) When using the apparatus as shown in figure 19 adjust the sensitivity control (8) so that the threshold of the detector (9) is just exceeded and the indicator (10) operates (if a power meter is used note that the reading is satisfactory).

16.4.2 Mesure initiale de l'échantillon en essai

- a) Remplacer la fibre de contrôle (5a) par la fibre en essai (5b).
- b) Augmenter la sensibilité (8) de l'affaiblissement attendu pour la fibre en essai (5b).
- c) S'assurer que l'indicateur (10) fonctionne. Le fonctionnement signifie que la fibre est continue.
- d) Si l'indicateur (10) ne fonctionne pas, augmenter la tension jusqu'à ce que le fonctionnement ait lieu. Calculer l'augmentation (dB) de la sensibilité nécessaire par rapport à celle utilisée en c). [Si un photomètre est utilisé, calculer l'accroissement de l'affaiblissement entre la puissance indiquée et celle donnée en 16.4.1 b).]
- e) Si l'augmentation de l'affaiblissement dépasse la valeur fixée, alors la fibre est considérée comme coupée.

16.4.3 Mesure après contrainte mécanique

Cet essai se fait uniquement dans le cas où l'on sait que la fibre n'est pas cassée (continuité) avant la contrainte mécanique.

- a) Soumettre la fibre à la contrainte mécanique requise.
- b) Replacer la fibre, si nécessaire, dans le dispositif de contrôle.
- c) Augmenter la tension (8) jusqu'à ce que l'indicateur (10) fonctionne. Calculer la sensibilité requise correspondante à celle obtenue en 16.4.2 d) ci-dessus. (Si un photomètre est utilisé, faire le calcul en utilisant les lectures relatives.) Si cette augmentation d'affaiblissement dépasse la valeur requise convenue résultant de l'application à cause de la contrainte mécanique, la fibre est considérée comme coupée.

16.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- longueur de l'échantillon et affaiblissement attendu;
- réglage de la sensibilité initiale [16.4.1 b)];
- réglage de la sensibilité pour la fibre à mesurer et condition de l'indicateur avant la contrainte mécanique [16.4.2 b) et 16.4.2 c)];
- si l'indicateur ne fonctionne pas, mise au point de la sensibilité requise avant fonctionnement;
- mise au point de la sensibilité après contrainte [16.4.3 c)].

16.4.2 Initial measurement of test sample

- a) Replace the check fibre (5a) by the fibre under test (5b).
- b) Increase the sensitivity (8) by the amount of attenuation expected for the fibre under test (5b).
- c) Ensure the indicator (10) operates. Operation indicates continuity.
- d) If the indicator (10) does not operate, increase the sensitivity until operation occurs. Calculate the increase (dB) in sensitivity required over that achieved in c) above. [If a power meter is used calculate the increase of attenuation between the power indicated, and the power indicated in 16.4.1 b).]
- e) If the attenuation increase exceeds the agreed value, then the fibre is deemed to be broken.

16.4.3 Measurement after mechanical disturbance

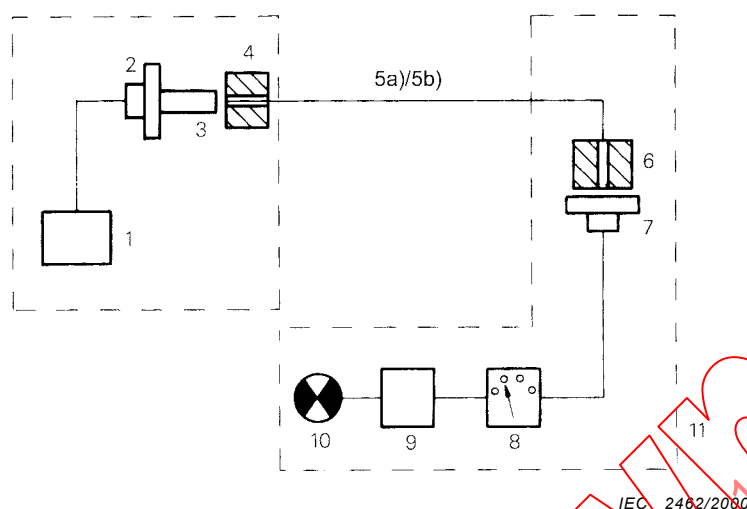
This will only take place on a fibre length that is known to be unbroken (continuous) before mechanical disturbance.

- a) Subject the fibre to the required mechanical disturbance.
- b) Replace the fibre in the test apparatus if necessary.
- c) Increase the sensitivity (8) until the indicator (10) operates. Calculate the sensitivity required relative to that achieved in 16.4.2 d) above. (If a power meter is used make the calculation using the relative readings.) If this attenuation increase exceeds the agreed value due to the mechanical disturbance test then the fibre is deemed to be broken.

16.5 Results

The following details shall be reported:

- length of sample and expected attenuation;
- initial sensitivity setting [16.4.1 b)];
- sensitivity setting for fibre under test and indicator condition before mechanical disturbance [16.4.2 b) and 16.4.2 c)];
- if the indicator does not operate, the sensitivity setting required for operation;
- sensitivity setting after mechanical disturbance [16.4.3 c)].



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

NOTE Les éléments 6 et 10 peuvent être remplacés par un photomètre adapté (11).

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

Figure 19 – Dispositif typique de mesure de l'énergie lumineuse transmise ou rayonnée

17 Méthode CEI 60793-1-C5A – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage

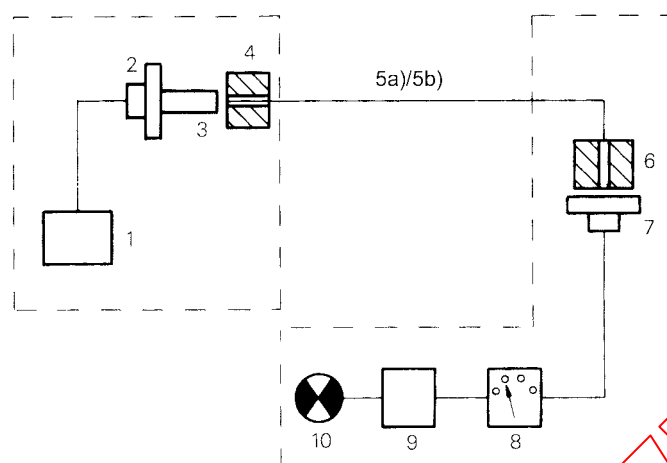
17.1 Objet

17.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de déterminer la dispersion chromatique des fibres unimodales B1 à B3 et des fibres multimodales A1 sur une plage de longueurs d'onde spécifiée, à l'aide des déphasages relatifs entre des sources optiques de différentes longueurs d'onde modulées sinusoïdalement. Ces sources sont, typiquement, des diodes laser ou des diodes électroluminescentes filtrées.

17.1.2 Les déphasages relatifs sont convertis en temps de propagation relatifs et les renseignements concernant les temps de propagation de groupe spectral sont ensuite ajustés par rapport à l'une des équations exposées à l'article 18.

17.1.3 Cette méthode peut être appliquée à des mesures de dispersion chromatique effectuées en laboratoire, en usine et dans des conditions réelles de service, et la plage de longueurs d'onde des mesures peut être adaptée aux besoins.

17.1.4 Cette méthode d'essai convient pour des longueurs de fibres ou de câbles supérieures à $L = 1$ km (généralement, la longueur d'un câble est inférieure à celle de ses fibres). Cette méthode peut être appliquée à des longueurs plus courtes, bien que, pour les longueurs courtes, la précision ou la répétabilité puissent être compromises.



IEC 2462/2000

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Stable DC source | 6. Fibre positioner (if required) |
| 2. Lamp or LED | 7. PIN photodiode detector |
| 3. Launch fibre | 8. Sensitivity control |
| 4. Fibre positioner (if required) | 9. Threshold detector |
| 5. a) Check fibre | 10. Indicator |
| b) Fibre under test | 11. Power meter |

NOTE Items 6 and 10 may be substituted using a suitable power meter (11).

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

Figure 19 – Typical arrangement for transmitted or radiated light power test

17 Method IEC 60793-1-C5A – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the phase-shift method

17.1 Object

17.1.1 This test method describes a procedure for determining the chromatic dispersion of single-mode fibres B1 to B3 and A1 multimode fibres over a specified wavelength range using the relative phase shifts among sinusoidally modulated optical sources of different wavelengths. The sources are typically laser diodes or filtered light emitting diodes.

17.1.2 Relative phase shifts are converted to relative time delays and the resultant spectral group delay data are then fitted to one of the equations discussed in clause 18.

17.1.3 This method can be applied to laboratory, factory and field measurements of chromatic dispersion, and the wavelength range of the measurements can be tailored as required.

17.1.4 This test method is suitable for fibre or cable lengths greater than $L = 1$ km (generally, the length of a cable is shorter than the length of its fibres). This method may be applied to shorter lengths, although for short lengths the accuracy or repeatability may be compromised.

17.2 Appareillage

17.2.1 Source lumineuse

La source lumineuse doit être stable en position, intensité et longueur d'onde sur une période de temps suffisante pour effectuer la procédure de mesure. Des diodes laser multiples (voir par exemple, la figure 20), des diodes laser ajustables en longueur d'onde, des diodes électroluminescentes (voir par exemple, sur la figure 21) ou des sources à large bande (par exemple un laser YAG:Nd à fibre Raman) peuvent être utilisées, en fonction de la gamme de longueurs d'onde de mesure.

Les longueurs d'onde injectées dans la fibre en essai peuvent être sélectionnées à l'aide d'un commutateur optique, d'un monochromateur, de dispositifs dispersifs, de filtres optiques, de coupleurs optiques ou en accordant le laser, selon le type de source lumineuse et d'appareillage de mesure. Le sélecteur de longueur d'onde peut être utilisé à l'entrée ou à la sortie de la fibre en essai.

Pour ce qui concerne les fibres de catégorie B1, mesurées à l'aide d'un système à trois longueurs d'onde dans lequel les longueurs d'onde de la source encadrent la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 (se reporter à la figure 22), la tolérance ou l'instabilité $\delta\lambda$ dans la longueur d'onde centrale conduira à des erreurs maximales de $3 \cdot \delta\lambda$ lors de la mesure de λ_0 . Les erreurs maximales dans la pente de dispersion S_0 sont directement proportionnelles à $\delta\lambda/\Delta\lambda$ (où $\Delta\lambda$ = espacement des longueurs d'onde) et seront approximativement égales à 0,012 ps/(nm²·km) pour $\delta\lambda/\Delta\lambda = 1$ nm/30 nm.

Des erreurs inférieures aux erreurs maximales mentionnées ci-dessus peuvent être obtenues en choisissant des sources dont la longueur d'onde moyenne est voisine de la valeur de λ_0 prévue de l'échantillon en essai et/ou en utilisant plus de trois longueurs d'onde.

A titre d'exemple, une diode laser à mode longitudinal unique, à température contrôlée, avec stabilisation de puissance de sortie (ex.: rétroaction PIN) suffit. Un laser supplémentaire peut s'avérer nécessaire pour la liaison de référence des équipements d'essai de terrain (voir 17.2.5).

17.2.2 Modulateur

17.2.2.1 Le modulateur doit moduler les sources de lumière en amplitude afin de générer une forme d'onde à composante de Fourier dominante unique. Par exemple, une modulation de signal sinusoïdal, trapézoïdal ou carré doit être considérée comme acceptable. La stabilité de la fréquence doit être au moins égale à une partie de 10⁸.

17.2.2.2 Il est indispensable d'éviter les ambiguïtés de 360 n degrés, où n est un nombre entier, lors de la mesure du déphasage. Cela peut être effectué en utilisant des moyens tels que la synchronisation des variations de phase de 360° ou le choix d'une fréquence suffisamment basse pour limiter les déphasages relatifs à des valeurs inférieures à 360°. La fréquence maximale $f_{\max}$ (MHz), pour un décalage de 360° doit être déterminée pour les fibres de catégorie B1, par la relation suivante:

$$f_{\max} = \frac{8 \cdot 10^6}{S_0 L} \left[\left(\lambda_i - \frac{\lambda_0^2}{\lambda_i} \right)^2 - \left(\lambda_j - \frac{\lambda_0^2}{\lambda_j} \right)^2 \right]^{-1} \quad (1)$$

où

L est la longueur maximale (km) prévue de l'échantillon en essai;

S_0 est la pente de dispersion typique prévue à λ_0 (ps/nm² · km);

λ_0 est la longueur d'onde de dispersion nulle prévue (nm);

λ_i et λ_j encadrent la paire de longueurs d'onde qui est utilisée dans la mesure et qui réduit la valeur de $f_{\max}$.

17.2 Apparatus

17.2.1 Light source

The light source shall be stable in position, intensity and wavelength over a time period sufficiently long to complete the measurement procedure. Multiple laser diodes (for example as in figure 20), wavelength tunable laser diodes, light emitting diodes (for example as in figure 21) or broadband sources (for example a Nd:YAG laser with a Raman fibre) may be used, depending on the wavelength range of the measurement.

The wavelength launched into the fibre under test may be selected using an optical switch, a monochromator, dispersive devices, optical filters, optical couplers or by tuning the laser, depending on the type of light source and measurement set-up. The wavelength selector may be used either at the input or at the output of the fibre under test.

For category B1 fibres measured with a three-wavelength system in which the source wavelengths bracket the zero-dispersion wavelength λ_0 (see figure 22), the tolerance or instability $\delta\lambda$ in the center wavelength will lead to maximum errors of $3\delta\lambda$ in measuring λ_0 . Maximum errors in dispersion slope S_0 are directly proportional to $\delta\lambda/\Delta\lambda$ (where $\Delta\lambda$ = source wavelength spacing) and will be approximately 0,012 ps/(nm²·km) for $\delta\lambda/\Delta\lambda = 1$ nm/30 nm.

Errors smaller than the above maximum errors can be achieved by selecting sources whose average wavelength is close to the expected λ_0 of the test sample and/or by using more than three wavelengths.

Typically, a temperature-controlled, single longitudinal-mode laser diode with output power stabilization (e.g. PIN feedback) is sufficient. An additional laser may be required for the reference link for field test sets (see 17.2.5).

17.2.2 Modulator

17.2.2.1 The modulator shall amplitude modulate the light sources to produce a waveform with a single, dominant Fourier component. For example, a sinusoidal, trapezoidal or square wave modulation shall be acceptable. The frequency stability shall be a minimum of one part of 10^8 .

17.2.2.2 It is essential to prevent ambiguities of $360n$ degrees, where n is an integer, in measuring phase shift. This can be accomplished by means such as tracking 360° phase changes or by choosing a modulator frequency sufficiently low to limit the relative phase shifts to less than 360° . The maximum frequency $f_{\max}$ (MHz) for a 360° shift shall be determined for category B1 fibres as

$$f_{\max} = \frac{8 \cdot 10^6}{S_0 L} \left[\left(\lambda_i - \frac{\lambda_0^2}{\lambda_i} \right)^2 - \left(\lambda_j - \frac{\lambda_0^2}{\lambda_j} \right)^2 \right]^{-1} \quad (1)$$

where

L is the maximum expected test sample length (km);

S_0 is the expected typical dispersion slope at λ_0 (ps/nm²·km);

λ_0 is the expected typical zero dispersion wavelength (nm);

λ_i and λ_j comprise the wavelength pair used in the measurement that minimizes $f_{\max}$.

17.2.2.3 La fréquence du modulateur doit être suffisamment élevée pour assurer une précision de mesure adéquate.

L'exemple ci-après illustre l'influence des paramètres du système d'essai sur la précision: pour les fibres de catégorie B1 et pour un système à trois longueurs d'onde, dans lequel les longueurs d'onde de la source sont séparées de $\Delta\lambda$, les erreurs maximales seront égales à 0,0012 ps/nm²·km pour S_0 et égales à 0,4 nm pour λ_0 , si la fréquence minimale du modulateur $f_{\min}$ (MHz) est donnée par la relation suivante:

$$f_{\min} = \frac{\Delta\phi \cdot 10^7}{L(\Delta\lambda)^2} \quad (2)$$

où

$\Delta\phi$ est l'instabilité des phases de l'ensemble de l'équipement d'essai (degrés);

L est la longueur minimale (km) prévue de l'échantillon en essai;

$\Delta\lambda$ est l'intervalle moyen des longueurs d'onde entre deux sources adjacentes (nm).

Donc, pour

$\Delta\phi = 0,1^\circ$,

$L = 10$ km, et

$\Delta\lambda = 32$ nm,

une fréquence minimale d'environ 100 MHz est requise.

NOTE 1 L'équation (2) ci-dessus a été développée en la résolvant à plusieurs reprises pour λ_0 et S_0 dans l'équation du temps de propagation (1b) de 21.1, avec diverses valeurs d'intervalle de longueurs d'onde et d'instabilité de phase.

NOTE 2 Des erreurs inférieures aux erreurs maximales mentionnées ci-dessus peuvent être obtenues en sélectionnant des sources dont la longueur d'onde moyenne est proche de la valeur de λ_0 prévue pour l'échantillon en essai et/ou en utilisant plus de trois longueurs d'onde.

17.2.2.4 Il est possible de régler la modulation de phase au niveau de chaque source lumineuse, afin de faciliter l'étalonnage du montage d'essai.

17.2.3 Composants optiques d'injection

17.2.3.1 La sortie des sources de signaux doit être couplée à la fibre en essai ou à la fibre d'étalonnage des phases, afin que la longueur du trajet physique relatif à chaque source reste constante pendant l'essai. (Cette exigence assure que les phases relatives des sources ne varient pas en raison d'une variation des longueurs des trajets.) Des dispositifs appropriés peuvent comporter des commutateurs optiques unimodaux à voies multiples ou des connecteurs optiques démontables.

17.2.3.2 Lorsque cette méthode d'essai est employée pour une fibre multimodale de la catégorie A1, les conditions d'injection doivent être conformes à la méthode CEI 60793-1-C2A – réponse impulsionnelle.

17.2.3.3 Filtre de modes d'ordre supérieur (fibres unimodales)

Lorsque cette méthode d'essai est employée pour une fibre unimodale, il est nécessaire de prévoir une méthode pour empêcher la propagation des modes d'ordre supérieur dans la plage de longueurs d'onde concernée. Parmi les exemples de filtres de modes d'ordre supérieur, on peut citer une simple boucle ayant un rayon suffisamment petit pour déplacer la longueur d'onde de coupure en dessous de la valeur minimale de la longueur d'onde concernée.

17.2.2.3 The frequency of the modulator shall be sufficiently high to ensure adequate measurement precision.

The following is an example of the dependence of precision on test system parameters: for category B1 fibres and a three-wavelength system, in which the source wavelengths span $\Delta\lambda$, maximum errors will be 0,0012 ps/nm²·km for S_0 and 0,4 nm for λ_0 , if the minimum modulator frequency $f_{\min}$ (MHz), is

$$f_{\min} = \frac{\Delta\phi \cdot 10^7}{L(\Delta\lambda)^2} \quad (2)$$

where

$\Delta\phi$ is the overall test equipment phase instability (degrees);

L is the minimum expected test sample length (km);

$\Delta\lambda$ is the average wavelength spacing between adjacent sources (nm).

Hence, for

$\Delta\phi = 0,1^\circ$,

$L = 10$ km, and

$\Delta\lambda = 32$ nm,

a minimum frequency of approximately 100 MHz is required.

NOTE 1 The equation (2) above was developed by repeatedly solving for λ_0 and S_0 in the time delay equation (1b) of 21.1 with various values of wavelength spacing and phase instability.

NOTE 2 Errors smaller than the above maximum errors can be achieved by selecting sources whose average wavelength is close to the expected λ_0 of the test sample and/or by using more than three wavelengths.

17.2.2.4 The phase modulation at each light source may be adjustable to facilitate the test set calibration.

17.2.3 Launch optics

17.2.3.1 The output from the signal sources shall be coupled to the test fibre or the phase calibration fibre such that the physical path length for each source is held constant during the test. (This requirement ensures that the relative phases of the sources do not change due to path length changes.) Suitable devices may include multichannel single-mode optical switches or demountable optical connectors.

17.2.3.2 When this test method is used for category A1 multimode fibre, launch conditions shall comply with method IEC 60793-1-C2A – impulse response.

17.2.3.3 Higher order mode filter (single-mode)

When this test method is used for single-mode fibre, a method shall be employed to remove high order propagating modes in the wavelength range of interest. An example of such a high order mode filter is a single loop of radius sufficiently small to shift the cut-off wavelength below the minimum wavelength of interest.

17.2.4 Détecteur de signaux et dispositif électronique de détection des signaux

17.2.4.1 Un détecteur optique dont la sensibilité couvre toute la plage de longueurs d'onde à mesurer doit être utilisé conjointement à un phasemètre. Il est permis d'utiliser un amplificateur pour augmenter la sensibilité du système détecteur. Un système type peut comporter une photodiode PIN, un amplificateur TEC et un voltmètre vectoriel.

17.2.4.2 Le système constitué par le détecteur, l'amplificateur et le phasemètre doit uniquement répondre à la composante fondamentale de Fourier du signal de modulation et introduire un déphasage constant du signal sur toute la plage des flux énergétiques reçus. La plage des flux énergétiques reçus peut être contrôlée par un atténuateur optique variable.

17.2.5 Signal de référence

17.2.5.1 Un signal de référence dont la composante de Fourier dominante est identique à celle du signal de modulation doit être transmis au phasemètre qui servira à mesurer les phases des sources de signaux. Il est préférable que la phase du signal de référence soit verrouillée par rapport à la phase du signal de modulation et qu'elle soit déduite à partir du signal de modulation.

17.2.5.2 Exemples de configurations de signaux de référence (pour ce qui concerne les exemples a), b) et c), se reporter aux figures 20 et 21)):

- a) Lorsque les sources de signaux et le détecteur sont coïmplantés, comme c'est par exemple le cas lors d'un essai en laboratoire, ou lors d'un étalonnage, il est possible d'utiliser une connexion électrique entre le générateur de signaux et la borne de référence du phasemètre.
- b) Pour les équipements coïmplantés, il est également possible d'utiliser un diviseur optique, installé avant l'échantillon en essai et un détecteur.
- c) Pour les essais sur site relatifs aux câbles optiques (sources et détecteur non coïmplantés), il est possible d'utiliser une liaison optique, comprenant, de façon typique, une source lumineuse modulée, une fibre et un détecteur similaires à ceux utilisés pour l'échantillon en essai.
- d) Un signal de référence, relatif aux essais effectués sur site, peut être également transmis sur la fibre en essai en utilisant un multiplexage en longueur d'onde.

17.2.6 Equipement de calcul

Il est possible d'utiliser un calculateur numérique pour le contrôle des équipements, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

17.3 Echantillon en essai et fibre d'étalonnage

17.3.1 L'échantillon en essai doit être une fibre ou un câble, selon les indications de la spécification particulière, dont la longueur connue est suffisante pour assurer une précision adéquate de la mesure des phases. Pour un système à trois longueurs d'onde, la longueur minimale peut être évaluée à partir de la relation (2) de 17.2.2.3.

17.3.2 Il est nécessaire d'utiliser une fibre d'étalonnage de phases du même type que l'échantillon en essai pour simplifier la mesure de la phase d'entrée ou l'égaleisation des phases. La longueur de cette fibre doit être inférieure ou égale à 0,2 % de la longueur de la fibre en essai.

NOTE La température de l'échantillon en essai doit être stable pendant toute la durée de la mesure, dans des limites de tolérance comprises entre 0,1 °C et 1 °C, selon l'évolution de cette stabilité dans le temps.

17.2.4 Signal detector and signal detection electronics

17.2.4.1 An optical detector that is sensitive over the range of wavelengths to be measured shall be used in conjunction with a phase meter. An amplifier may be used to increase the detection system sensitivity. A typical system might include a PIN photodiode, an FET amplifier and a vector voltmeter.

17.2.4.2 The detector-amplifier-phase meter system shall respond only to the fundamental Fourier component of the modulating signal and shall introduce a signal phase shift that is constant over the range of received optical powers encountered. The received power range may be controlled by a variable optical attenuator.

17.2.5 Reference signal

17.2.5.1 A reference signal with the same dominant Fourier component as the modulating signal shall be provided to the phase meter against which to measure the phases of the signal sources. The reference signal should be phase-locked to the modulating signal and is typically derived from the modulating signal.

17.2.5.2 Examples of reference signal configurations (see figures 20 and 21 for examples a), b) and c)):

- a) Where the signal sources and detector are co-located, such as in a laboratory test, or during calibration, an electrical connection can be used between the signal generator and the reference port of the phase meter.
- b) An optical splitter, inserted before the test sample, and a detector may also be used for co-located equipment.
- c) For field testing of optical cables (sources and detector not co-located), an optical link can be used, typically comprising a modulated light source, fibre and detector similar to those used for the test sample.
- d) A reference signal for field testing can also be transmitted on the test fibre using wave-length division multiplexing.

17.2.6 Computation equipment

A digital computer may be used for purposes of equipment control, data acquisition and numerical evaluation of the data.

17.3 Test sample and calibration fibre

17.3.1 The test sample shall be a fibre or cable, as specified in the detail specification, of known length sufficiently long to produce adequate phase measurement accuracy. For a three-wavelength system, the minimum length can be estimated from relationship (2) in 17.2.2.3.

17.3.2 A phase calibration fibre of the same fibre type as the test sample shall be used to facilitate input phase measurement or input phase equalization. The length of this fibre shall be less than or equal to 0,2 % of the test fibre length.

NOTE The temperature of the test sample shall be stable during the measurement within 0,1 °C to 1 °C, depending upon the temporal behaviour of this change.

17.4 Procédure d'essai

17.4.1 Etalonnage

17.4.1.1 La fibre d'étalonnage des phases (voir 17.3.2) doit être insérée dans l'appareillage de mesure; un signal de référence (voir 17.2.5) doit être également généré. La phase $\varphi_{in}(\lambda_i)$ doit être mesurée et enregistrée pour chaque source de signal.

NOTE Selon la stabilité, à long terme, des phases de l'équipement, il est possible que l'étalonnage ne soit pas prescrit pour chaque mesure d'échantillon en essai.

17.4.1.2 Alternativement aux indications de 17.4.1.1 et 17.4.2.1, si les phases des sources de signaux sont réglables, les phases de toutes les sources de signaux doivent alors être égalisées, la fibre d'étalonnage des phases étant en place. Les mesures relatives à l'échantillon en essai doivent alors être effectuées conformément à la description fournie en 17.4.2.1. Dans ce cas, $\varphi_{in}(\lambda_i) = 0$ pour les calculs indiqués en 17.4.2.2.

17.4.2 Mesures relatives à l'échantillon en essai

17.4.2.1 La fibre en essai doit être insérée dans l'appareillage de mesure; un signal de référence (voir 17.2.5) doit être également généré. La phase $\varphi_{out}(\lambda_i)$ de chaque source de signal doit être mesurée et enregistrée.

NOTE Toutes les mesures concernant l'échantillon en essai et l'étalonnage ou l'égalisation doivent être effectuées avec un niveau de flux énergétique à l'entrée du détecteur ajusté à une plage de valeurs qui réduit les déphasages en fonction des niveaux dans le détecteur et dans le dispositif électronique de détection.

17.4.2.2 La phase d'entrée mesurée à chaque longueur d'onde doit être soustraite de la phase de sortie à cette longueur d'onde. Le temps de propagation de groupe (ps/km) est donné par la relation suivante:

$$\tau(\lambda_i) = [\varphi_{out}(\lambda_i) - \varphi_{in}(\lambda_i)] \cdot \frac{10^6}{360 \times f \times L} \text{ pour tous les } \lambda_i$$

où

$\varphi_{out}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 17.4.2.1 (degrés);

$\varphi_{in}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 17.4.1.1 (degrés);

f (MHz) est la fréquence de modulation;

L (km) est la longueur de l'échantillon en essai moins la longueur de l'échantillon d'étalonnage.

17.4.3 Calculs

17.4.3.1 A l'aide des données fournies en 17.4.2.2, calculer le meilleur ajustement à l'une des équations du temps de propagation indiquées à l'article 21. Utiliser 21.1 pour les fibres unimodales de catégorie B1.

17.4.3.2 En utilisant les valeurs les mieux adaptées des coefficients appropriés indiqués à l'article 21, calculer la dispersion $D(\lambda)$ ou d'autres paramètres, selon les prescriptions de la spécification particulière. Se reporter à la figure 22 qui illustre un exemple de valeurs de temps de propagation $\tau(\lambda)$ et la dispersion calculée $D(\lambda)$.

17.4.3.3 Les longueurs d'onde de mesure doivent encadrer la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 , ou comporter au moins un point situé à 100 nm de λ_0 , afin d'utiliser ces valeurs pour calculer λ_0 .

17.4 Test procedure

17.4.1 Calibration

17.4.1.1 The phase calibration fibre (see 17.3.2) shall be inserted into the measurement apparatus; a reference signal (see 17.2.5) shall also be established. The phase $\varphi_{in}(\lambda_i)$ for each signal source shall be measured and recorded.

NOTE Depending on the long term phase stability of the equipment, calibration may not be required for each test sample measurement.

17.4.1.2 Alternatively to 17.4.1.1 and 17.4.2.1, if the signal sources are phase adjustable, then, with the phase calibration fibre in place, the phases of all signal sources shall be equalized. Test sample measurements shall then be performed as described in 17.4.2.1. In this case, $\varphi_{in}(\lambda_i) = 0$ for the calculations of 17.4.2.2.

17.4.2 Test sample measurements

17.4.2.1 The test fibre shall be inserted into the measurement apparatus; a reference signal (see 17.2.5) shall also be established. The phase $\varphi_{out}(\lambda_i)$ of each signal source shall be measured and recorded.

NOTE All test sample and calibration or equalization measurements shall be performed with the input optical power level at the detector adjusted to a range that minimizes level-dependent phase shifts in the detector and detector electronics.

17.4.2.2 The measured input phase at each wavelength shall be subtracted from the output phase at that wavelength. The relative group delay (ps/km) is

$$\tau(\lambda_i) = [\varphi_{out}(\lambda_i) - \varphi_{in}(\lambda_i)] \cdot \frac{10^6}{360 \times f \times L} \text{ for all } \lambda_i$$

where

$\varphi_{out}(\lambda_i)$ is the value measured in 17.4.2.1 (degrees);

$\varphi_{in}(\lambda_i)$ is the value measured in 17.4.1.1 (degrees);

f (MHz) is the frequency of the modulation waveform;

L (km) is the test sample length minus the calibration sample length.

17.4.3 Calculations

17.4.3.1 Using the data of 17.4.2.2, calculate the best fit to one of the delay equations in clause 21. Use 21.1 for category B1 single-mode fibres.

17.4.3.2 Using these best-fit values of the appropriate coefficients from clause 21, calculate the dispersion $D(\lambda)$ or other parameters, as required by the detail specification. Refer to figure 22 as an example of the delay data $\tau(\lambda)$ and the calculated dispersion $D(\lambda)$.

17.4.3.3 The measurement wavelengths shall bracket the zero-dispersion wavelength λ_0 or contain at least one point within 100 nm of λ_0 to use these data for calculating λ_0 .

17.5 Résultats

17.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- titre de l'essai et équation de l'article 21 utilisée pour calculer les résultats;
- identification de l'échantillon en essai;
- longueur de l'échantillon en essai;
- résultats d'essai prescrits par la spécification particulière;
- humidité relative et température ambiante.

17.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- description de la ou des sources optiques et des longueurs d'onde d'essai utilisées;
- fréquence du modulateur;
- description du détecteur de signaux et du dispositif électronique de détection des signaux;
- description des méthodes de calcul utilisées.

17.5 Results

17.5.1 The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- title of test and equation of clause 21 used to calculate the results;
- test sample identification;
- test sample length;
- test results as required by the detail specification;
- relative humidity and ambient temperature.

17.5.2 The following information shall be available:

- description of optical source(s) and test wavelengths used;
- modulator frequency;
- description of signal detector and signal detection electronics;
- description of computational techniques used.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1-4:2001

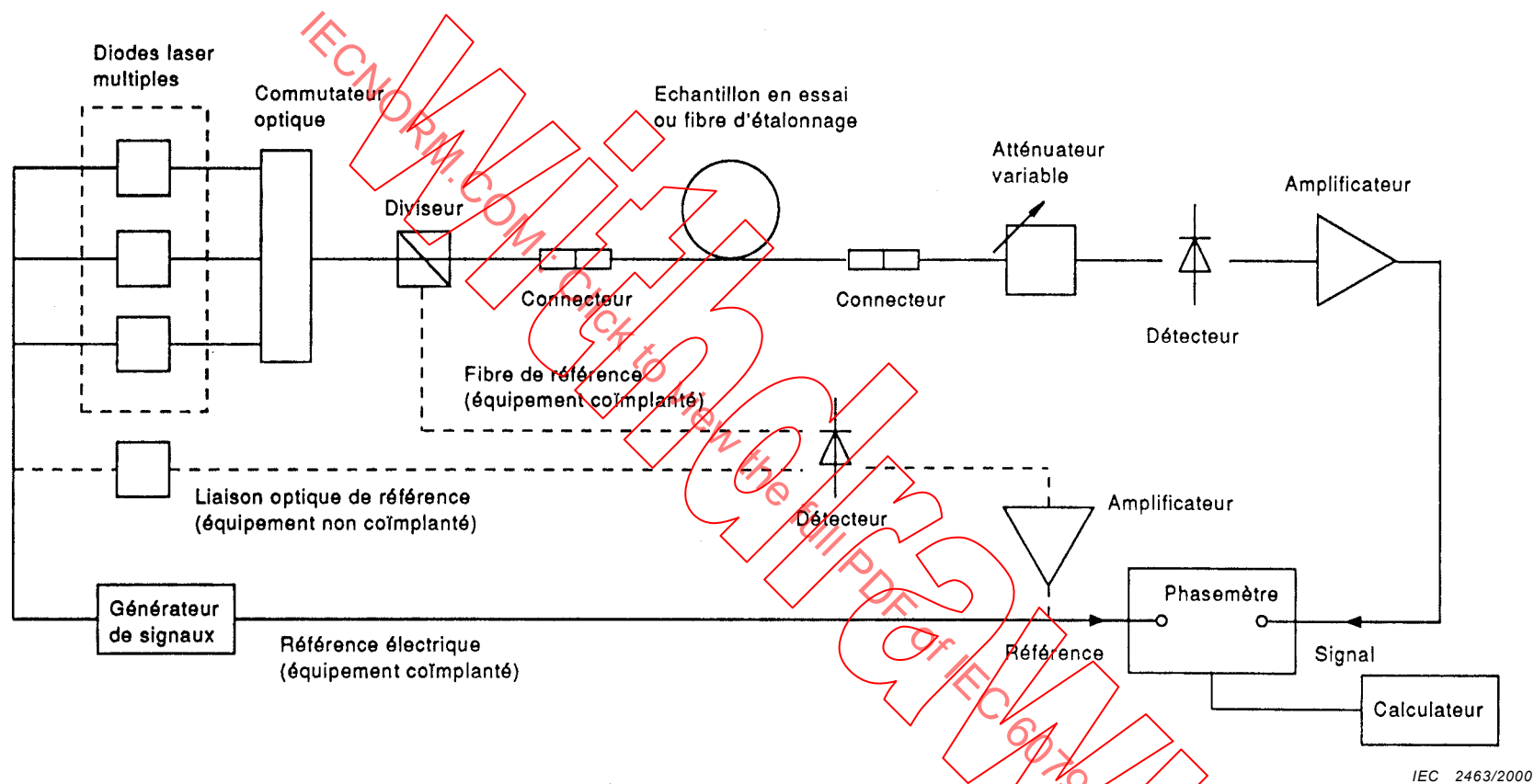


Figure 20 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes laser multiples (exemple type)

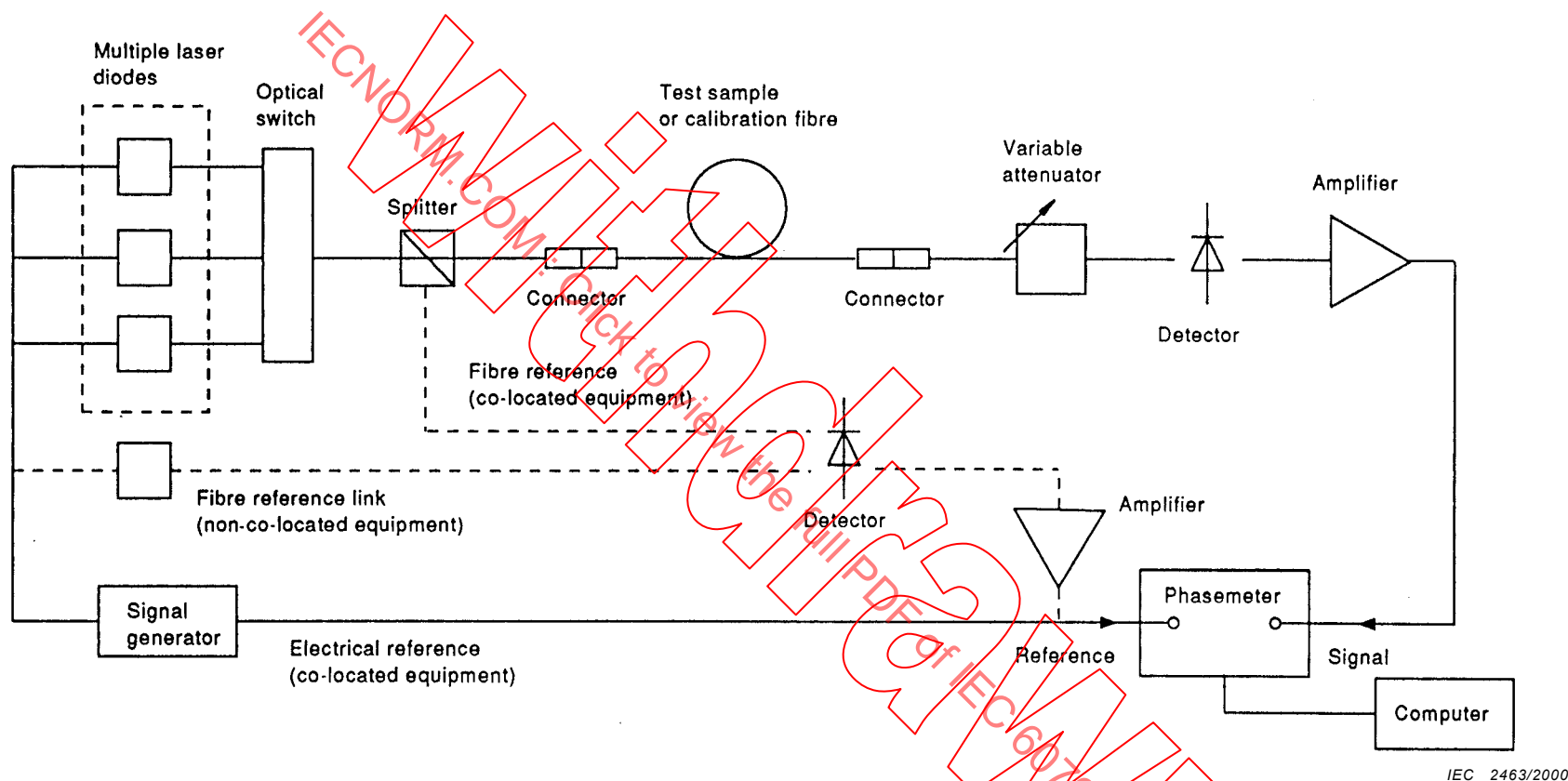


Figure 20 – Chromatic dispersion test set – Multiple laser system (typical)

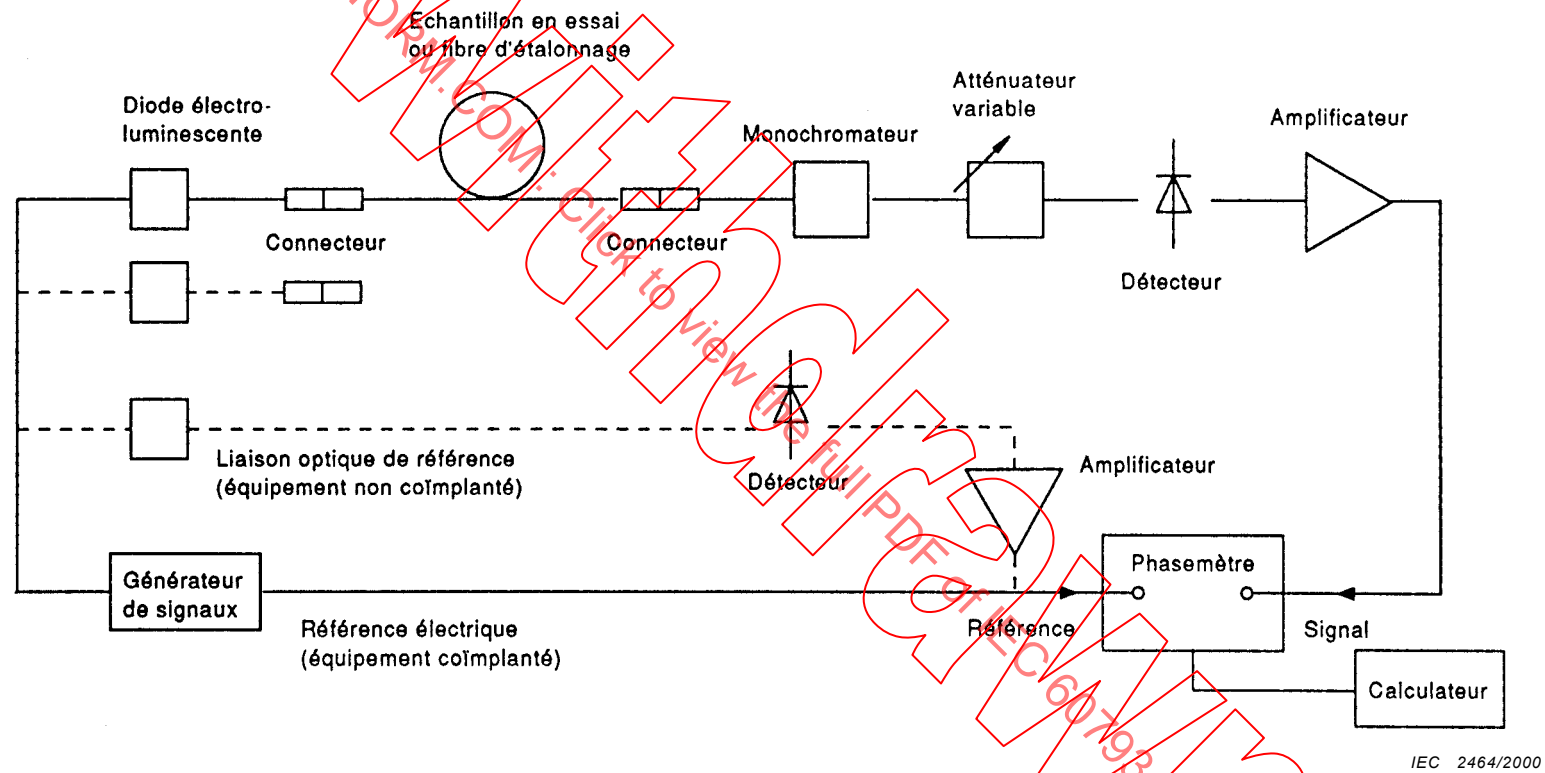


Figure 21 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes électroluminescentes (exemple type)

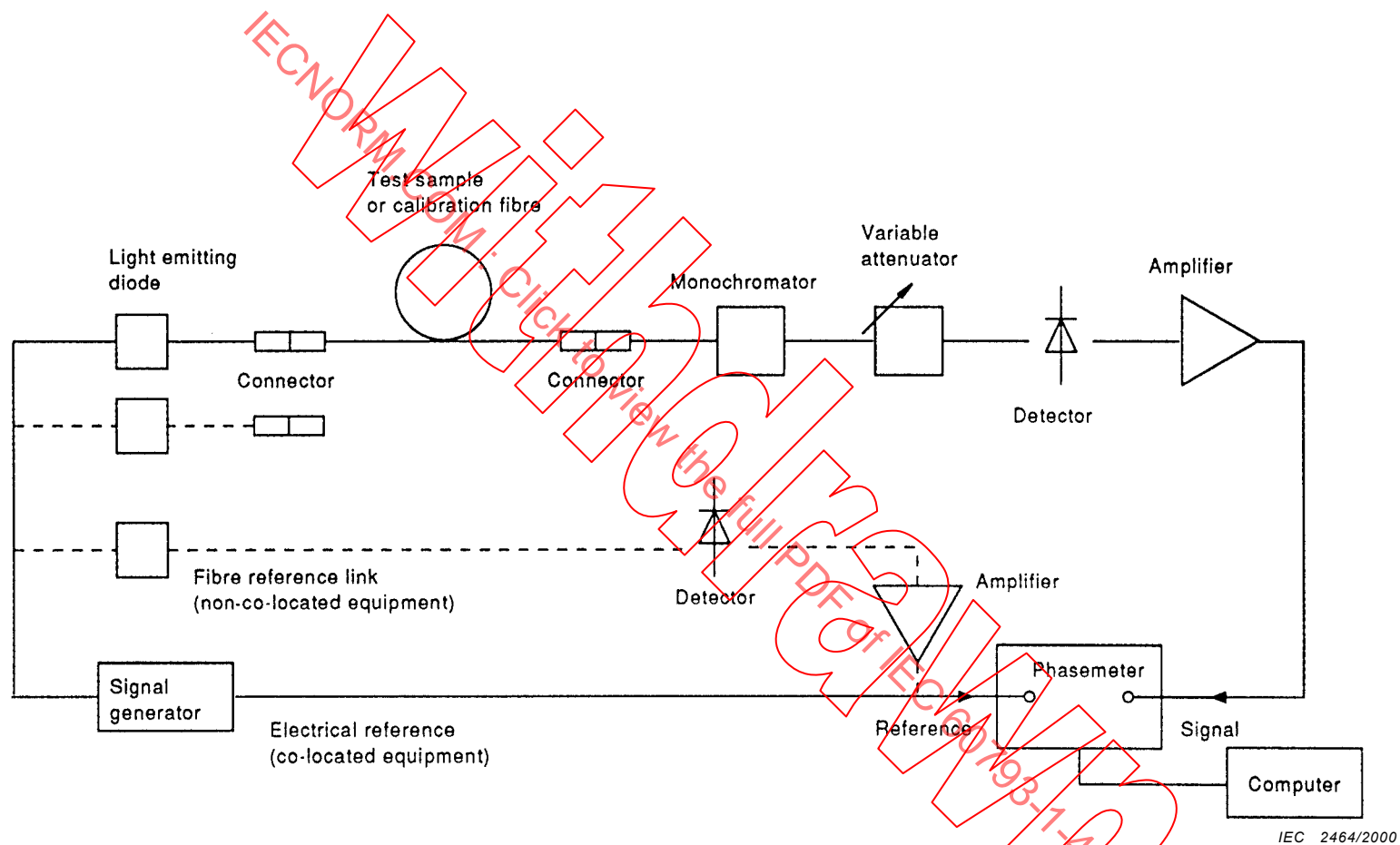


Figure 21 –Chromatic dispersion test set – LED system (typical)

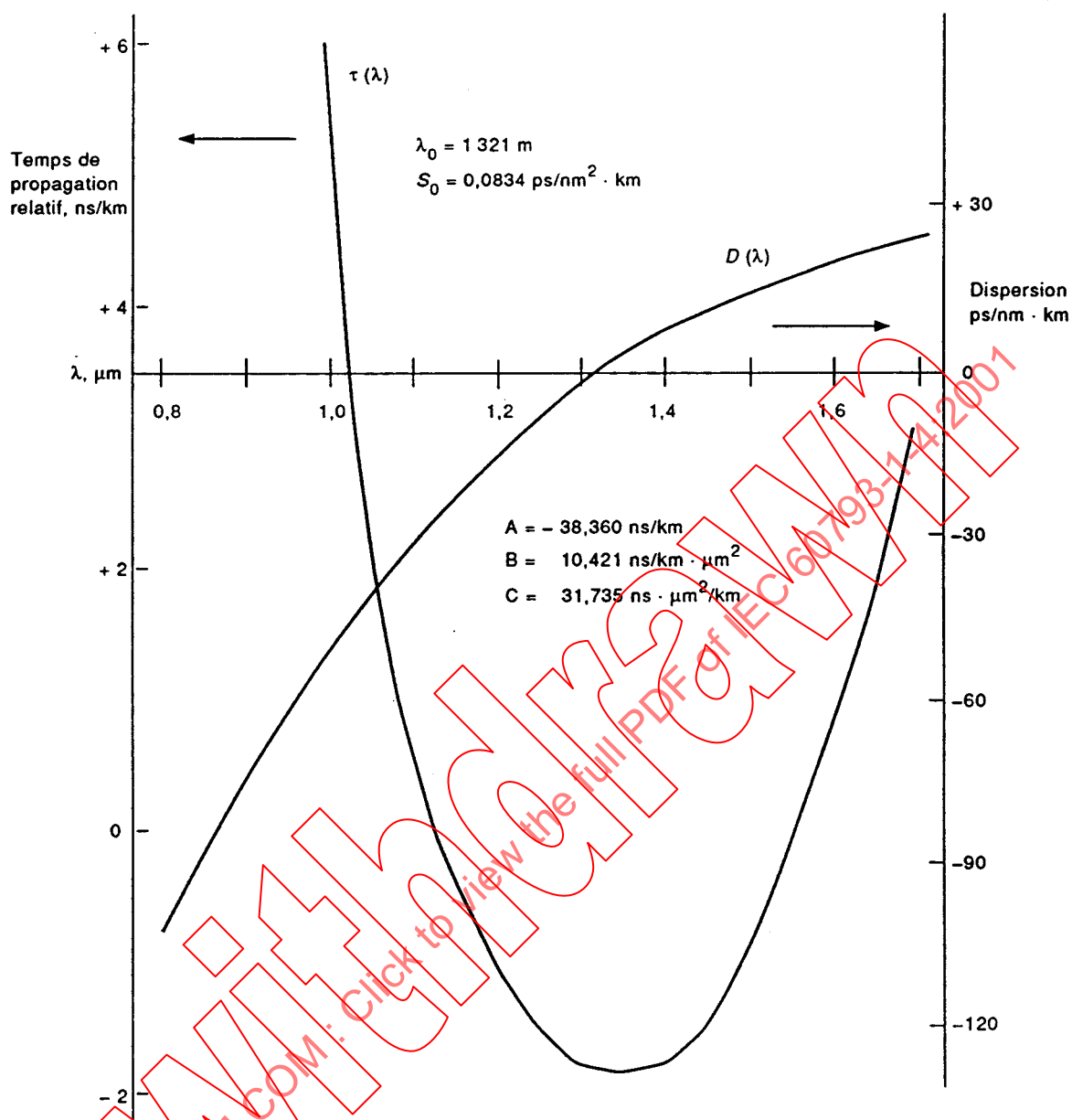


Figure 22 – Courbes typiques des temps de propagation et des dispersions

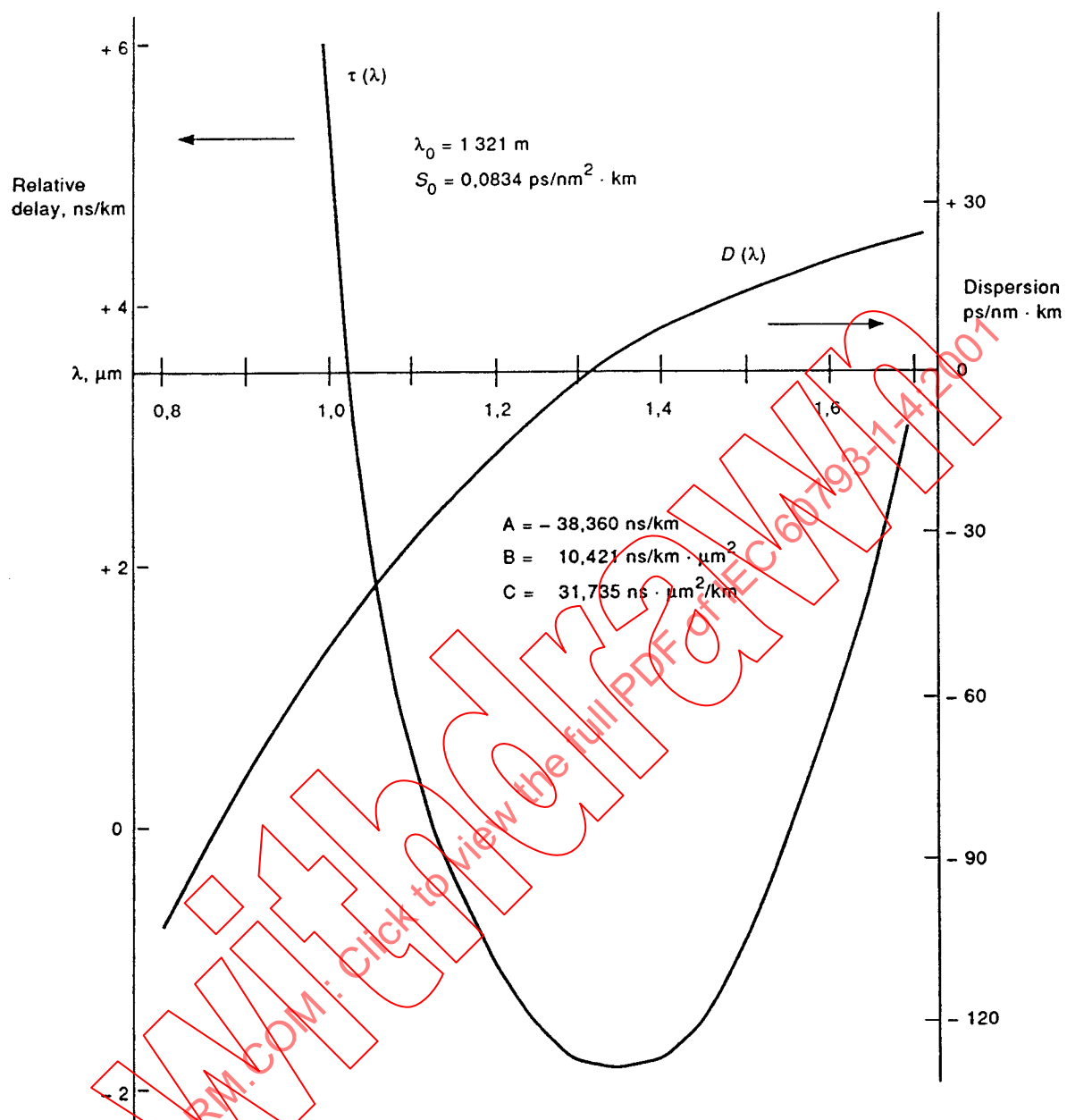


Figure 22 – Typical delay and dispersion curves

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

18.1 Objet

18.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de déterminer la dispersion chromatique des fibres optiques unimodales des catégories B1 à B3 et des fibres multimodales à gradient d'indice de catégorie A1 sur la plage de longueurs d'onde comprise entre 1 060 nm et 1 700 nm environ, à l'aide d'une source laser YAG Nd à fibre Raman ou de sources à diodes laser multiples.

18.1.2 Dans cette méthode, on mesure, à plusieurs longueurs d'onde, la différence du temps de propagation des impulsions optiques à travers une longueur de fibre connue. À l'aide de la source laser YAG Nd à fibre Raman, il est possible d'obtenir des valeurs dans la plage comprise entre 1 060 nm environ et 1 700 nm environ. Il est également nécessaire d'effectuer un ensemble de mesures de référence sur une fibre de référence courte et de soustraire cet ensemble de mesures des valeurs mesurées sur la fibre en essai, pour obtenir le temps de propagation relatif de groupe spectral.

18.1.3 Les valeurs résultantes du temps de propagation de groupe spectral sont ensuite appliquées à l'une des équations proposées à l'article 21.

18.1.4 Cette méthode d'essai convient pour des longueurs de fibres ou de câbles supérieures à $L = 1$ km (généralement, la longueur d'un câble est inférieure à celle de ses fibres). Cette méthode peut être appliquée à des longueurs plus courtes, bien que, pour les longueurs courtes, la précision ou la répétabilité puissent être compromises.

18.2 Appareillage

18.2.1 Source lumineuse

Les sources lumineuses préconisées pour cette méthode sont les suivantes.

18.2.1.1 Laser à fibre Raman (figure 23)

Un système laser à fibre Raman, composé d'un laser YAG Nd déclenché à verrouillage de phase synchrone, pompant une longueur adéquate (environ 200 m) de fibre unimodale, filtré spectralement par un dispositif tel qu'un monochromateur à diffraction, doit être capable de générer des impulsions optiques de courte durée (moins de 400 ps LMH); en outre, il doit présenter une intensité et une stabilité spatiale et temporelle suffisantes pour effectuer les mesures décrites.

18.2.1.2 Diodes laser multiples (figure 24)

Des diodes laser à injection multiples (au moins trois), à plusieurs longueurs d'onde, doivent être considérées comme suffisantes pour effectuer ces mesures si leurs impulsions sont de courte durée (400 ps LMH), stables en intensité et susceptibles d'être déclenchées, de façon stable, pendant toute la durée de la mesure.

18.2.1.3 Diodes laser accordables en longueur d'onde

Une ou plusieurs diodes laser accordables en longueur d'onde (par exemple un laser à cavité externe) peuvent être utilisées si elles produisent des impulsions de courte durée (moins de 400 ps LMH), si elles sont stables en intensité et peuvent maintenir une longueur d'onde stable et être pilotées de façon stable pendant toute la durée de la mesure.

18 Method IEC 60793-1-C5B – Chromatic dispersion measurement by spectral group delay measurement in the time domain

18.1 Object

18.1.1 This test method describes a procedure for determining the chromatic dispersion of single-mode fibres categories B1 to B3 and graded index multimode fibres category A1 over the wavelength range of approximately 1 060 nm to 1 700 nm with the use of a Nd:YAG/fibre Raman laser source or multiple laser diode sources.

18.1.2 In this method, the time difference of optical pulse delay through a known length of fibre at several wavelengths is measured. Using the Nd:YAG/fibre Raman laser, data can be obtained from about 1 060 nm to about 1 700 nm. A reference set of measurements shall also be taken through a short reference fibre and is subtracted from data taken from the test fibre to obtain the relative spectral group delay.

18.1.3 The resultant spectral group delay data is then fitted to one of the equations discussed in clause 21.

18.1.4 This test method is suitable for fibre or cable lengths greater than $L = 1$ km (generally the length of a cable is shorter than the length of its fibres). This method may be applied to shorter lengths, although, for short lengths, accuracy or repeatability may be compromised.

18.2 Apparatus

18.2.1 Light source

Light sources suitable for purposes of this method are as follows.

18.2.1.1 Fibre Raman laser (figure 23)

A fibre Raman laser system, consisting of a synchronously mode-locked and Q-switched Nd:YAG laser pumping an appropriate length (approximately 200 m) of single-mode fibre, spectrally filtered by a device such as a grating monochromator, shall be capable of producing optical pulses of short duration (less than 400 ps FWHM); it shall be of sufficient intensity and spatial and temporal stability to perform the measurements described.

18.2.1.2 Multiple laser diodes (figure 24)

Multiple (three or more) injection laser diodes at several wavelengths shall be considered sufficient for purposes of these measurements if their pulses are of short duration (less than 400 ps FWHM), are stable in intensity and can be stably triggered over the duration of the measurement.

18.2.1.3 Wavelength tunable laser diodes

One or more wavelength tunable laser diodes (for example an external cavity laser) may be used if they produce pulses of short duration (less than 400 ps FWHM), are stable in intensity, and can maintain a stable wavelength and be stably triggered over the duration of the measurement.

18.2.1.4 La largeur spectrale de la source, telle que mesurée dans l'échantillon en essai, doit être inférieure ou égale à 10 nm en des points à 50 % de puissance (LMH).

18.2.2 Dispositif optique d'injection

18.2.2.1 Il est nécessaire de prévoir un moyen approprié pour injecter l'impulsion de longueur d'onde choisie dans l'échantillon soumis à l'essai. Si la source lumineuse utilise un monochromateur ou des dispositifs similaires de sélection de longueurs d'onde, il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de positionner l'échantillon en essai de telle manière que la longueur d'onde désirée soit couplée dans la fibre en essai. Un exemple consiste à utiliser une courte longueur de fibre dont l'extrémité d'entrée a été fixée par rapport à la fente de sortie du monochromateur, pour assurer une sélection reproductible de longueurs d'onde lorsque la sortie de cette fibre est couplée en bout avec l'échantillon en essai. En variante, il est possible d'utiliser un système optique permettant de visualiser la position de l'extrémité d'entrée de l'échantillon en essai, si la source lumineuse est arrêtée.

18.2.2.2 Lorsque cette méthode est utilisée pour une fibre multimodale à gradient d'indice, les conditions d'injection doivent être conformes aux prescriptions de la méthode CEI 60793-1-C2A – réponse impulsionnelle.

18.2.3 Appareillage de positionnement de l'entrée

Il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de coupler l'entrée de l'échantillon en essai avec la source lumineuse. Parmi les exemples, on peut citer des étages de réglage micro-métrique x-y-z, ou des dispositifs de couplage mécanique tels que des connecteurs, des épissures à succion, des épissures à trois tiges, etc. La position de la fibre doit rester stable pendant toute la durée de l'essai.

18.2.4 Appareillage de positionnement de la sortie

Il est nécessaire de prévoir un moyen permettant de positionner l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai de sorte que le flux énergétique transmis soit couplé au détecteur. Un tel dispositif de couplage peut inclure l'utilisation de lentilles, ou peut être constitué par une liaison mécanique à la fibre amorcée d'un détecteur.

18.2.5 Détecteur de signaux

Il est nécessaire d'utiliser un détecteur optique à grande vitesse (réponse impulsionnelle dont la durée totale est inférieure à 400 ps LMH), tel qu'une photodiode à avalanche au germanium, sensible sur toute la plage de longueurs d'onde utilisée. Ce détecteur optique doit être linéaire, dans des limites de 10 %, sur toute la plage d'intensités rencontrées. Il convient de noter que la principale contrainte concernant la linéarité réside dans le fait que la crête de l'impulsion n'est pas comprimée, pour que la position de la crête de l'impulsion ne varie pas dans le temps. Il est possible d'utiliser un amplificateur à large bande pour accroître la sensibilité du détecteur, à condition que la conformité aux spécifications relatives à la vitesse et à la linéarité soit toujours vérifiée. Il est possible d'utiliser un atténuateur optique pour maintenir l'amplitude du signal à une valeur constante.

18.2.6 Dispositif électronique de détection des signaux

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif de mesure et/ou d'affichage, par exemple un oscilloscope à échantillonnage à haute fréquence, capable d'afficher le temps relatif d'arrivée des impulsions optiques sur une échelle de temps étalonnée.

18.2.1.4 The spectral width of the source, as measured in the test sample, shall be less than or equal to 10 nm at 50 % power points (FDHM).

18.2.2 Launch optics

18.2.2.1 Suitable means shall be provided to launch the pulse of selected wavelength into the sample under test. If the light source utilizes a monochromator or similar wavelength – selective devices, means shall be provided for positioning the test sample such that the desired wavelength is coupled into the test fibre. One example is the use of a short length of fibre, the input end of which has been fixed with respect to the monochromator output slit such that a repeatable wavelength selection occurs when the output of this fibre is butt-coupled to the test sample. Alternatively, an optical system for viewing the position of the input end of the test sample may be used if the light source is turned off.

18.2.2.2 When this test method is used for graded index multimode fibre, launch conditions shall comply with method IEC 60793-1-C2A – impulse response.

18.2.3 Input positioning apparatus

Means shall be provided to couple the input of the test sample to the light source. Examples include the use of x-y-z micropositioner stages or mechanical coupling devices such as connectors, vacuum splices, three-rod splices, etc. The position of the fibre shall remain stable over the duration of the test.

18.2.4 Output positioning apparatus

Means shall be provided to position the output end of the test sample such that the guided optical power is coupled to the system detector. Such coupling may include the use of lenses, or may be a mechanical connection to a detector pigtail.

18.2.5 Signal detector

A high speed optical detector (less than 400 ps full duration half-maximum (FDHM) impulse response), such as a germanium avalanche photodiode, that is sensitive over the range of wavelengths used, shall be used. It shall be linear within 10 % over the range of intensities encountered. Note that the main constraint on linearity is simply that the pulse peak is not compressed in order that the pulse peak temporal position remains unaffected. A wideband amplifier may be used to increase the detection system sensitivity provided the speed and linearity specifications are still met. An optical attenuator may be used to maintain a constant signal amplitude.

18.2.6 Signal detection electronics

A measurement and/or display device, typically a high frequency sampling oscilloscope, shall be used which is capable of displaying the relative arrival time of the optical pulses on a calibrated time scale.

18.2.7 Dispositif de temporisation

Il est nécessaire de prévoir un dispositif, tel qu'un générateur numérique de temporisation, qui déclenche la source lumineuse, ou qui est déclenché par cette source, et qui est capable de transmettre un signal de déclenchement retardé aux dispositifs électroniques de détection (oscilloscope à échantillonnage), pour compenser les différences de temps de propagation entre l'échantillon en essai et l'échantillon de référence. Le dispositif doit assurer la stabilité des temps de propagation pendant toute la durée de l'essai, avec un scintillement et une dérive inférieurs à 50 ps/km efficaces.

18.2.8 Equipement de calcul

Il est possible d'utiliser un calculateur numérique pour le contrôle des équipements, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

18.3 Echantillon en essai

18.3.1 L'échantillon en essai doit être une fibre ou un câble de longueur connue supérieure à 1 km. Cette imposition d'un seuil de longueur a pour but de réduire les imprécisions dans la normalisation des données en ns/nm.km, susceptibles d'être engendrées par des longueurs inférieures à 1 km.

18.3.2 Il est nécessaire de préparer des surfaces planes aux extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai.

18.3.3 Une fibre de référence du même type de fibre doit être utilisée pour obtenir les renseignements relatifs aux impulsions d'entrée du système. La longueur de la fibre de référence doit être inférieure ou égale à 0,2 % de la longueur de l'échantillon en essai.

NOTE La température de l'échantillon en essai doit être stable pendant toute la durée de la mesure, dans des limites de tolérance comprises entre 0,1 °C et 1 °C selon l'évolution de cette stabilité dans le temps.

18.4 Procédure d'essai

18.4.1 Mesures d'échantillonnage de référence

18.4.1.1 Insérer la fibre de référence dans l'appareillage de mesure et régler la longueur d'onde de la source lumineuse à la première longueur d'onde prévue pour l'essai. Régler le générateur de temporisation de manière à obtenir un affichage de l'impulsion d'entrée sur une échelle de temps étalonnée connue de l'oscilloscope.

18.4.1.2 La position de l'impulsion est donnée par sa crête ou par son centre de gravité. Enregistrer l'emplacement temporel de cette impulsion par rapport à une marque de référence (par exemple: le graticule d'affichage) du balayage calibré pour cette première longueur d'onde de référence.

18.4.1.3 Régler la source lumineuse à la longueur d'onde suivante et, sans faire varier le générateur de temporisation, enregistrer la valeur de $\tau_{in}(\lambda_i)$, qui est la différence temporelle entre la position de cette impulsion et celle de la longueur d'onde de référence. Répéter cette procédure à toutes les longueurs d'onde prescrites afin d'exprimer les résultats en termes de variation de la position de l'impulsion par rapport à la longueur d'onde de référence.

NOTE Avec cette méthode, la précision du temps de propagation du dispositif de temporisation n'est pas importante. S'il n'est pas possible d'effectuer ces mesures par suite de différences de temps importantes entre les impulsions à différentes longueurs d'onde, il sera nécessaire d'utiliser un générateur de temporisation ou un instrument similaire dont la précision est connue, et d'enregistrer son temps de propagation et l'emplacement de l'impulsion sur l'oscilloscope à chaque longueur d'onde, afin d'obtenir le résultat voulu.

18.2.7 Delay device

A device such as a digital delay generator which either triggers the light source, or is triggered by the source, and which is capable of providing a delayed trigger signal for the detection electronics (sampling oscilloscope) shall be provided for purposes of compensating for the differences in propagation delay between the test and reference samples. The device shall provide delay times which are stable over the duration of the test with less than 50 ps/km r.m.s. jitter and drift.

18.2.8 Computation equipment

A digital computer may be used for purposes of equipment control, data acquisition and numerical evaluation of the data.

18.3 Test sample

18.3.1 The test sample shall be a fibre or cable of known length greater than 1 km. The purpose of the length restriction is to minimize inaccuracies in the normalization of the data to ns/nm-km that could be caused by lengths shorter than 1 km.

18.3.2 A flat endface shall be prepared at the input and output ends of the test sample.

18.3.3 A reference fibre of the same fibre type shall be used to obtain system input pulse data. The reference fibre length shall be less than or equal to 0,2 % of the test sample length.

NOTE The temperature of the test sample shall be stable during the measurement within 0,1 °C to 1 °C, depending upon the temporal behaviour of this change.

18.4 Test procedure

18.4.1 Reference sampling measurements

18.4.1.1 Insert the reference fibre into the measurement apparatus and adjust the wavelength of the light source to the first wavelength for the test. Adjust the delay generator to obtain a display of the input pulse on a known calibrated time scale of the oscilloscope.

18.4.1.2 The pulse position is given by its peak or centroid. Record the temporal location of this pulse with respect to a fiducial mark (such as the display graticule) of the calibrated sweep for this first reference wavelength.

18.4.1.3 Adjust the light source to the next wavelength and, without changing the delay generator, record $\tau_{in}(\lambda_i)$, which is the temporal difference between the position of this pulse and that of the reference wavelength. Repeat this procedure at all required wavelengths to express the results in terms of pulse position change with respect to the reference wavelength.

NOTE By this method the delay accuracy of the delay device is not of importance. If it is not possible to perform these measurements as a result of large time differences of the pulses at different wavelengths, it will be necessary to utilize a delay generator or similar instrument of known accuracy, and to record both its delay time and the pulse location on the oscilloscope at each wavelength in order to obtain the desired result.

18.4.2 Mesures relatives à l'échantillon en essai

18.4.2.1 Insérer l'échantillon en essai dans l'appareillage de mesure, sélectionner la première longueur d'onde, et régler le générateur de temporisation de manière à obtenir un affichage de l'impulsion de sortie sur une échelle de temps connue et étalonnée de l'oscilloscope.

18.4.2.2 Enregistrer l'emplacement temporel de la position de cette impulsion (comme à l'étape décrite en 18.4.1.2).

18.4.2.3 Régler la source lumineuse sur la longueur d'onde suivante, et enregistrer la différence temporelle $\tau_{out}(\lambda_i)$ entre la position de cette impulsion et celle de la position de l'impulsion de la longueur d'onde de référence déterminée en 18.4.2.2, sans réajuster le générateur de temporisation. Répéter cette procédure à toutes les longueurs d'onde prescrites, en exprimant les résultats en termes de décalage temporel de la position de l'impulsion de sortie par rapport à la position de l'impulsion à la longueur d'onde de référence. S'il n'est pas possible d'effectuer les mesures de cette manière, procéder conformément à la méthode décrite dans la note de 18.4.1.3.

18.4.2.4 Soustraire le décalage temporel de l'impulsion d'entrée, mesuré à chaque longueur d'onde, du décalage temporel de l'impulsion de sortie mesuré à la même longueur d'onde.

Le temps de propagation de groupe par unité de longueur est le suivant:

$$\tau(\lambda) = \frac{[\tau_{out}(\lambda_i) - \tau_{in}(\lambda_i)]}{L} \text{ pour tous les } \lambda_i$$

où

$\tau_{in}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 18.4.1.3;

$\tau_{out}(\lambda_i)$ est la valeur mesurée en 18.4.2.3;

L est la longueur de la fibre en essai moins la longueur de la fibre de référence.

NOTE A la longueur d'onde de référence, τ est pratiquement égal à 0.

18.4.3 Calculs

18.4.3.1 A l'aide des données indiquées en 18.4.2.4, calculer le meilleur ajustement à l'une des équations du temps de propagation indiquées à l'article 21. Utiliser 21.1 pour les fibres multimodales de catégorie A1 et pour les fibres unimodales de catégorie B1.

18.4.3.2 En utilisant les valeurs les mieux adaptées des coefficients appropriés indiqués à l'article 21, calculer la dispersion $D(\lambda)$ ou d'autres paramètres, selon les prescriptions de la spécification particulière. Se reporter à la figure 22 qui illustre un exemple de valeurs de temps de propagation $\tau(\lambda)$ et la dispersion calculée $D(\lambda)$.

18.4.3.3 Les longueurs d'onde de mesure doivent encadrer la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 ou comporter au moins un point situé à 100 nm de λ_0 , afin d'utiliser ces valeurs pour le calcul de λ_0 .

18.4.2 Test sample measurements

18.4.2.1 Insert the test sample into the measurement apparatus, select the first wavelength, and adjust the delay generator to obtain a display of the output pulse on a known calibrated time scale of the oscilloscope.

18.4.2.2 Record the temporal location of this pulse position (as in step 18.4.1.2).

18.4.2.3 Adjust the light source to the next wavelength, and record the temporal difference $\tau_{\text{out}}(\lambda_i)$ between this pulse position and that of the reference wavelength pulse position found in 18.4.2.2, without readjusting the delay generator. Repeat this procedure at all required wavelengths, expressing the results in terms of the output pulse position time shift with respect to the reference wavelength pulse position. If it is not possible to perform the measurements in this manner, proceed as described in the note of 18.4.1.3.

18.4.2.4 Subtract the measured input pulse temporal shift at each wavelength from the output pulse shift at the same wavelength.

The group delay per unit length is:

$$\tau(\lambda) = \frac{[\tau_{\text{out}}(\lambda_i) - \tau_{\text{in}}(\lambda_i)]}{L} \quad \text{for all } \lambda_i$$

where

$\tau_{\text{in}}(\lambda_i)$ is the value measured in 18.4.1.3;

$\tau_{\text{out}}(\lambda_i)$ is the value measured in 18.4.2.3;

L is the test fibre length minus the reference fibre length.

NOTE τ is almost equal to 0 at the reference wavelength.

18.4.3 Calculations

18.4.3.1 Using the data of 18.4.2.4, calculate the best fit to one of the delay equations given in clause 21. Use 21.1 for category A1 multimode and B1 single-mode fibres.

18.4.3.2 Using the best-fit values of the appropriate coefficients from clause 21, calculate the dispersion $D(\lambda)$ or other parameters, as required by the detail specification. Refer to figure 22 as an example of the delay data $\tau(\lambda)$ and the calculated dispersion $D(\lambda)$.

18.4.3.3 The measurement wavelengths shall span the dispersion zero wavelength λ_0 or contain at least one point within 100 nm of λ_0 to use this data for the calculation of λ_0 .

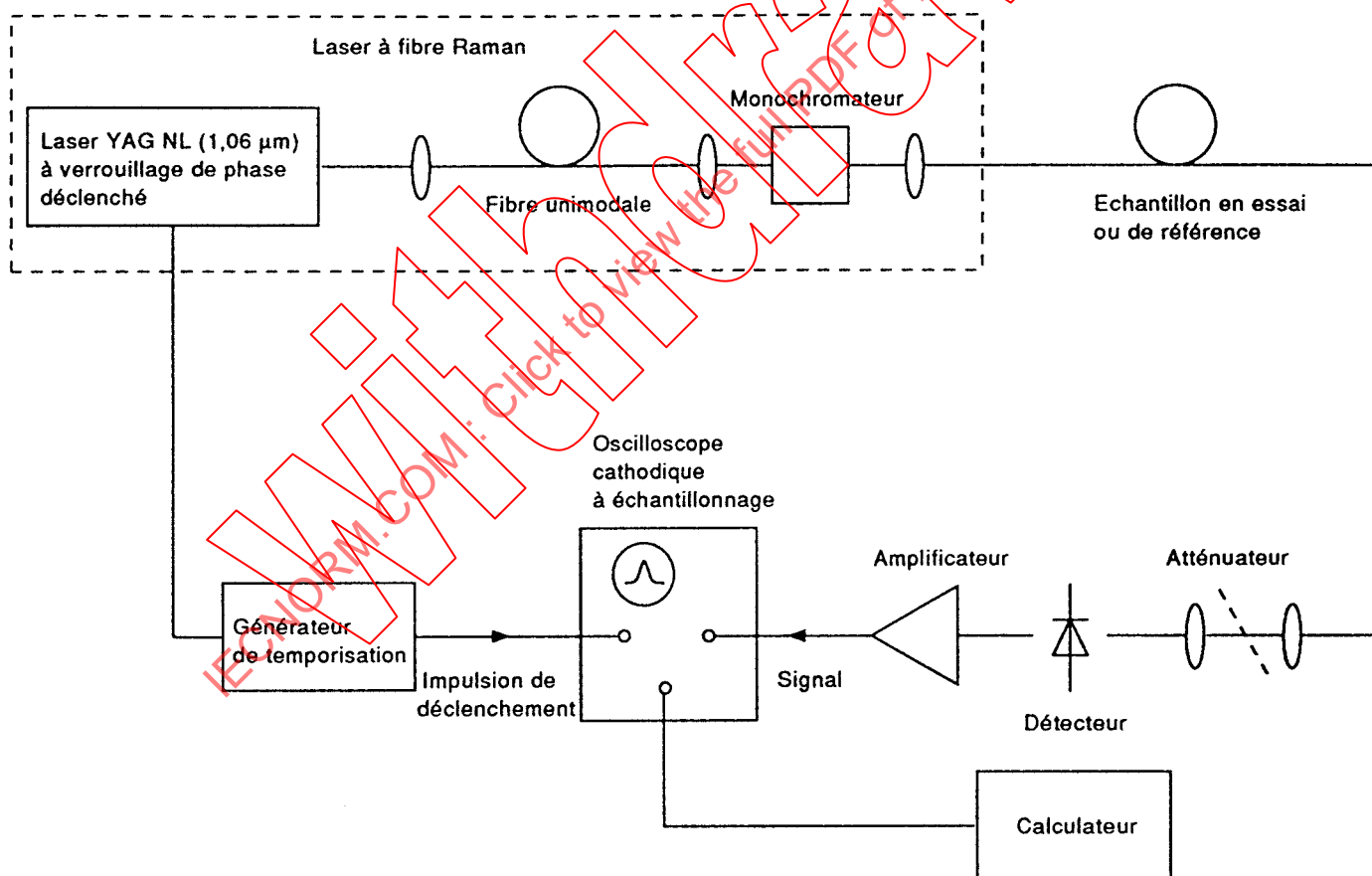
18.5 Résultats

18.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- titre de l'essai, suivi de l'équation donnée à l'article 21 utilisée pour calculer les résultats;
- identification de l'échantillon en essai;
- longueur de l'échantillon en essai;
- résultats d'essai prescrits par la spécification particulière;
- humidité relative et température ambiante.

18.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:

- description de la ou des sources optiques et des longueurs d'onde d'essai utilisées;
- durée de l'impulsion d'entrée mesurée par le système de détection, en des points à 50 % de puissance (LMH);
- description du détecteur de signaux, du dispositif électronique de détection des signaux et du dispositif de temporisation;
- description des méthodes de calcul utilisées.



IEC 2466/2000

Figure 23 – Schéma fonctionnel – Système laser à fibre Raman

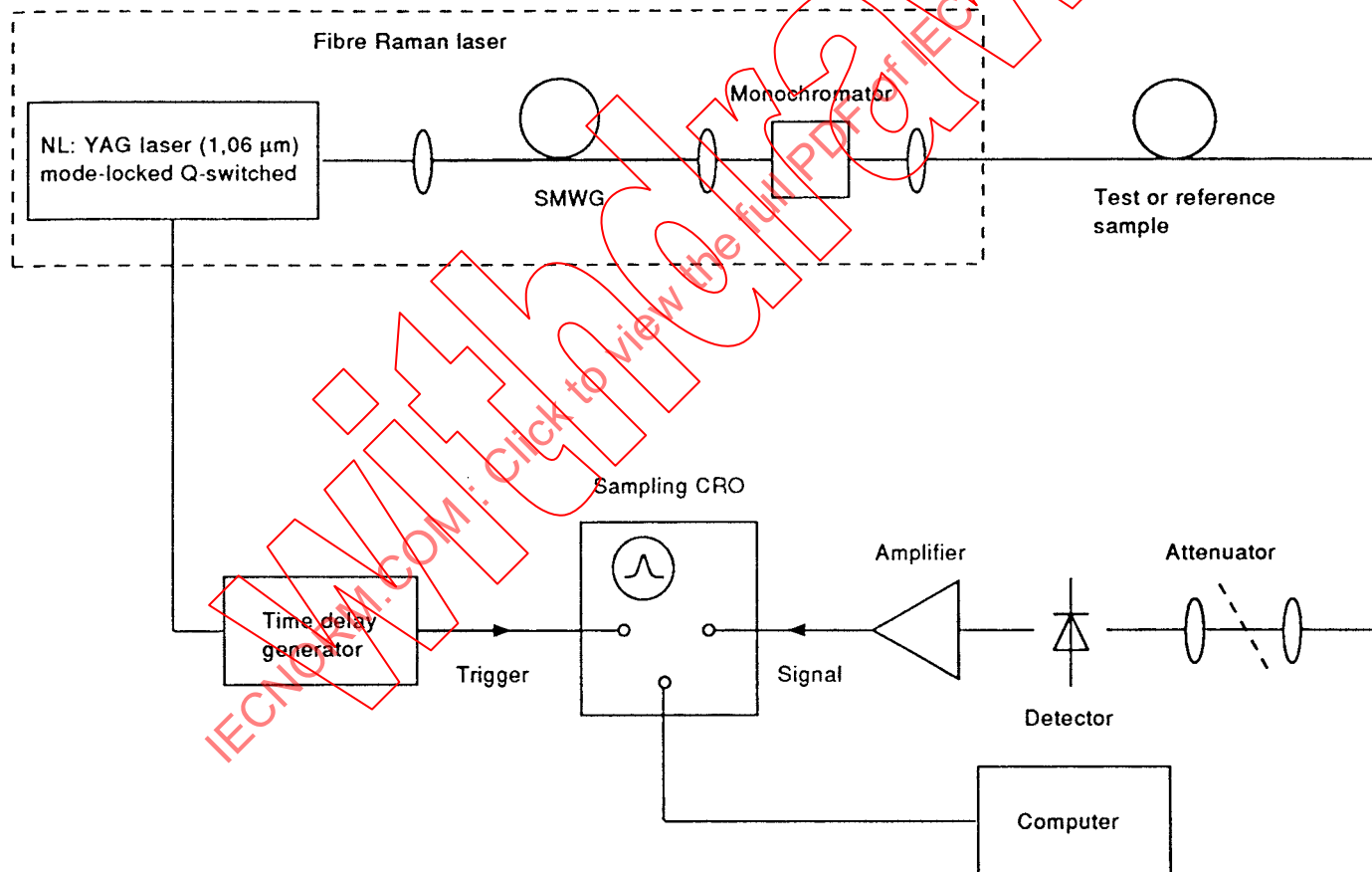
18.5 Results

18.5.1 The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- title of test, followed by the equation of clause 21 used to calculate the results;
- test sample identification;
- test sample length;
- test results as required by the detail specification;
- relative humidity and ambient temperature.

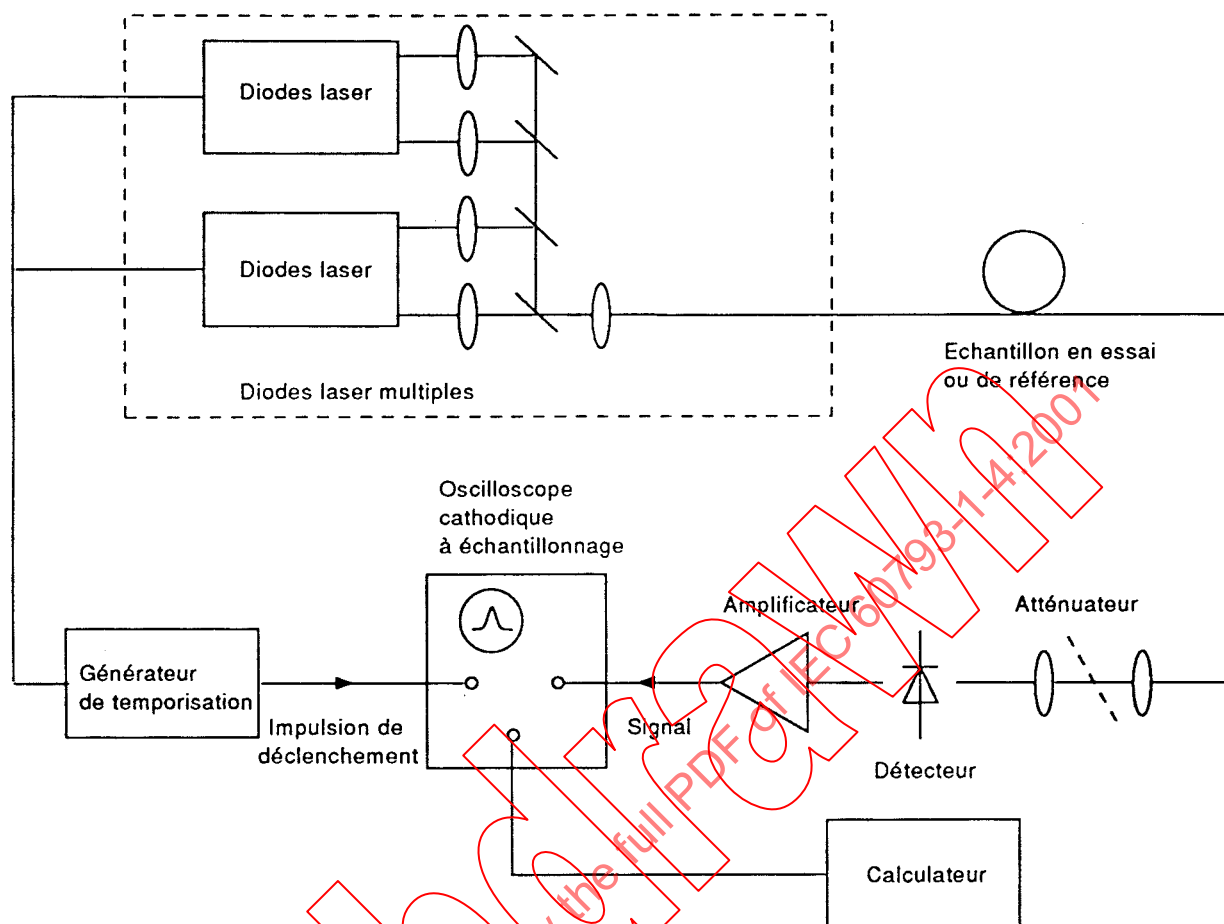
18.5.2 The following documentation shall be made available upon request:

- description of optical source(s) and test wavelengths used;
- input pulse duration measured by detection system, at 50 % power points (FDHM);
- description of signal detector, signal detection electronics and delay device;
- description of computational techniques used.



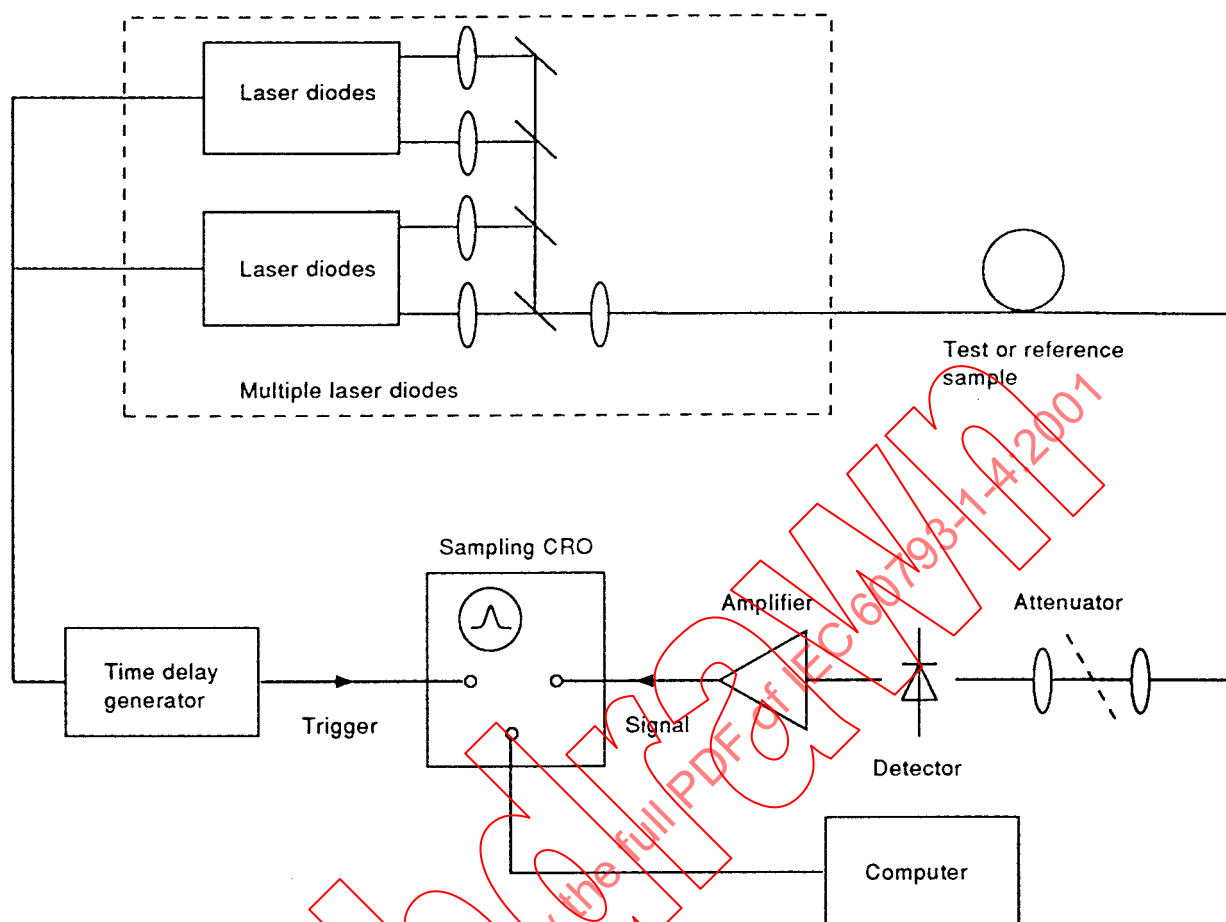
IEC 2466/2000

Figure 23 – Block diagram – Fibre Raman laser system



IEC 2467/2000

Figure 24 – Schéma fonctionnel – Système à diodes laser multiples



IEC 2467/2000

Figure 24 – Block diagram – Multiple laser diodes system

19 Méthode CEI 60793-1-C5C – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage différentiel

19.1 Objet

19.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de déterminer la dispersion chromatique de fibres optiques unimodales des catégories B1 à B3 sur la plage de longueurs d'onde comprise entre 1 000 nm et 1 700 nm. Le coefficient de dispersion à une longueur d'onde particulière est déterminé à partir du retard différentiel de groupe entre deux longueurs d'onde espacées par un intervalle très réduit.

19.1.2 Dans cette procédure, une source lumineuse modulée est couplée dans la fibre soumise à l'essai et la phase de la lumière sortant de la fibre à une première longueur d'onde est comparée à la phase de la lumière sortant de la fibre à une deuxième longueur d'onde. La dispersion chromatique moyenne sur tout l'intervalle séparant les deux longueurs d'onde est déterminée à partir du déphasage différentiel, de l'intervalle entre les longueurs d'onde et de la longueur de la fibre.

19.1.3 Le coefficient de dispersion chromatique à une longueur d'onde intermédiaire entre les deux longueurs d'onde d'essai est supposé égal à la dispersion chromatique moyenne sur tout l'intervalle séparant les deux longueurs d'onde.

19.1.4 Il est possible de déterminer des paramètres tels que la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 et la pente de dispersion S_0 à la longueur d'onde λ_0 , en ajustant la courbe par rapport aux valeurs de dispersion. Se reporter à l'article 21 pour les calculs.

19.1.5 Les sources optiques acceptables sont, de manière typique, des diodes laser ou des diodes électroluminescentes filtrées.

19.1.6 Cette méthode peut être appliquée à des mesures de la dispersion chromatique effectuées en laboratoire, en usine et sur site; la plage de longueurs d'onde peut, si nécessaire, être adaptée aux besoins de l'essai.

19.1.7 Cette méthode d'essai convient pour des longueurs de fibres ou de câbles supérieures à $L = 1$ km. (Généralement, la longueur d'un câble est inférieure à celle de ses fibres.) Il est possible d'appliquer cette méthode à des longueurs plus courtes, bien que, pour de telles longueurs, la précision et la reproductibilité puissent être compromises.

19.2 Appareillage

19.2.1 Source lumineuse

19.2.1.1 Diodes laser multiples (figure 25)

Si des diodes laser sont utilisées, deux longueurs d'onde de rayonnement laser sont requises pour chaque mesure de la dispersion chromatique. La longueur d'onde centrale et la phase de sortie modulée de chaque source doivent être stables pendant toute la durée de la mesure pour le courant de polarisation, la fréquence de modulation et la température des diodes rencontrés.

Il est possible d'utiliser une diode laser à mode longitudinal unique ou multiple, à température contrôlée, avec stabilisation de puissance de sortie (ex.: rétroaction d'un détecteur optique). Un laser supplémentaire peut s'avérer nécessaire pour la liaison de référence des équipements d'essai sur site (voir 19.2.5).

19 Method IEC 60793-1-C5C – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the differential phase-shift method

19.1 Object

19.1.1 A procedure is described for the measurement of chromatic dispersion of single-mode optical fibres categories B1 to B3 over the 1 000 nm to 1 700 nm wavelength range. The dispersion coefficient at a particular wavelength is determined from the differential group delay between two closely spaced wavelengths.

19.1.2 In this procedure, a modulated light source is coupled into the fibre under test and the phase of the light exiting the fibre at a first wavelength is compared with the phase of the light exiting at a second wavelength. The average chromatic dispersion over the interval between the two wavelengths is determined from the differential phase shift, wavelength interval and fibre length.

19.1.3 The chromatic dispersion coefficient at a wavelength medial to the two test wavelengths is assumed to be equal to the average chromatic dispersion over the interval between the two wavelengths.

19.1.4 Parameters such as zero-dispersion wavelength λ_0 and dispersion slope S_0 at λ_0 may be obtained by curve fitting to dispersion data. See clause 21 for calculations.

19.1.5 Acceptable optical sources are typically laser diodes or filtered light-emitting diodes.

19.1.6 This method can be applied to laboratory, factory and field measurements of chromatic dispersion and the wavelength range can be tailored as required.

19.1.7 This test method is suitable for fibre or cable lengths greater than $L = 1$ km. (Generally, the length of a cable is shorter than the length of its fibres.) This method may be applied to shorter lengths, although for short lengths the accuracy or repeatability may be compromised.

19.2 Apparatus

19.2.1 Light source

19.2.1.1 Multiple laser diodes (figure 25)

If laser diodes are used, two laser wavelengths are required for each measurement of chromatic dispersion. The centre wavelength and modulated output phase of each source shall be stable over the measurement time period at the bias current, modulation frequency and diode temperature encountered.

A temperature-controlled, single longitudinal or multiple longitudinal mode laser diode with output power stabilization (e.g. feedback of optical detector) can be used. An additional laser may be required for the reference link for field test sets (see 19.2.5).

19.2.1.2 Diodes électroluminescentes filtrées (figure 26)

Il est nécessaire d'utiliser une ou plusieurs diodes électroluminescentes. Leur spectre doit être filtré, par exemple par un monochromateur, afin d'obtenir une raie spectrale de largeur à mi-crête comprise entre 1 nm et 5 nm.

19.2.2 Modulateur

19.2.2.1 Le modulateur doit moduler les sources de lumière en amplitude afin de générer une forme d'onde à composante de Fourier dominante unique. Par exemple, une modulation de signal sinusoïdal, trapézoïdal ou carré doit être considérée acceptable. Une stabilité de fréquence de 0,01 ppm est suffisante.

19.2.2.2 Il est indispensable d'éviter les ambiguïtés de $360n$ degrés (où n est un nombre entier), lors de la mesure du déphasage différentiel. Cela peut être réalisé en réduisant la fréquence du modulateur pour des longueurs d'échantillon plus importantes et/ou de grands coefficients de dispersions.

Par exemple, il est possible de choisir une fréquence de modulation suffisamment basse pour limiter les déphasages différentiels à des valeurs inférieures à 360° à chaque paire de longueurs d'onde; la fréquence maximale peut être déterminée pour les fibres de catégorie B1 grâce à la relation suivante:

$$f_{\max} = \frac{4 \times 10^{12} \lambda_i^3 (\lambda_i^4 - \lambda_0^4)^{-1}}{S_0 \times L \times \Delta\lambda} \text{ Hz} \quad (1)$$

où

L est la longueur de l'échantillon en essai, exprimée en km;

S_0 est la pente de dispersion typique prévue, exprimée en ps/(nm² · km) à λ_0 ;

λ_0 est la longueur d'onde de dispersion nulle typique prévue en nm;

$\Delta\lambda$ est l'espacement des longueurs d'onde entre les points de mesure des phases différentielles, exprimé en nm;

λ_i est la longueur d'onde de la source en nm, qui réduit la valeur de $f_{\max}$.

19.2.2.3 La fréquence du modulateur doit être suffisamment élevée pour assurer une précision de mesure convenable.

19.2.2.4 L'espacement des longueurs d'onde $\Delta\lambda$ entre les points de mesure des phases différentielles se trouve, typiquement, dans la plage comprise entre 2 nm et 20 nm.

19.2.3 Dispositif optique d'injection

La sortie de la source de signal doit être couplée à la fibre en essai ou à la fibre d'étalonnage des phases (fibre de référence), de sorte que la longueur du chemin physique et la longueur du chemin optique relatifs à chaque source restent constants pendant toute la durée de la mesure du déphasage différentiel. (Cette exigence assure que la phase différentielle entre longueurs d'onde ou entre sources ne varie pas en raison d'une éventuelle variation de la longueur d'un de ces deux chemins.) Des dispositifs appropriés peuvent inclure des commutateurs optiques unimodaux à voies multiples ou des connecteurs optiques démontables.

19.2.1.2 Filtered light emitting diodes (figure 26)

One or more light emitting diodes shall be used. Their spectrum shall be filtered, typically by a monochromator, to give a spectral line of full width at half maximum in the range 1 nm to 5 nm.

19.2.2 Modulator

19.2.2.1 The modulator shall amplitude modulate the light sources to produce a waveform with a single dominant Fourier component. For example, a sinusoidal, trapezoidal or square wave modulation shall be acceptable. A frequency stability of 0,01 ppm is typically sufficient.

19.2.2.2 It is essential to prevent ambiguities of $360n$ degrees (n an integer) in measuring the differential phase shift. This can be accomplished by means such as reducing the modulator frequency for larger sample lengths and/or large dispersion coefficients.

For example, the modulation frequency can be chosen sufficiently low to limit the differential phase shifts to less than 360° at each pair of wavelengths; the maximum frequency can be determined, for category B1 fibres, as:

$$f_{\max} = \frac{4 \times 10^{12} \lambda_i^3 (\lambda_i^4 - \lambda_0^4)^{-1}}{S_0 \times L \times \Delta\lambda} \text{ Hz} \quad (1)$$

where

L is the test sample length in km;

S_0 is the expected typical dispersion slope in ps/(nm²·km) at λ_0 ;

λ_0 is the expected typical zero dispersion wavelength in nm;

$\Delta\lambda$ is the wavelength spacing between the differential phase measurement points in nm;

λ_i is the source wavelength in nm that minimizes $f_{\max}$.

19.2.2.3 The frequency of the modulator shall be sufficiently high to ensure adequate measurement precision.

19.2.2.4 The wavelength spacing $\Delta\lambda$ between the differential phase measurement points is typically in the range 2 nm to 20 nm.

19.2.3 Launch optics

The output from the signal source shall be coupled to the test fibre or the phase calibration fibre (reference fibre) such that the physical and optical path lengths for each source are constant during the differential phase measurement time. (This ensures that the differential phase between wavelengths or sources does not change due to any change in either path length.) Suitable devices may include multichannel single-mode optical switches or demountable optical connectors.

19.2.4 Détecteur de signaux et dispositif électronique de détection de signaux

19.2.4.1 Un détecteur optique, dont la sensibilité couvre toute la plage de longueurs d'onde à mesurer, doit être utilisé conjointement à un phasemètre. Il est possible d'utiliser un amplificateur pour accroître la sensibilité du système de détection. Un système typique peut comporter une photodiode PIN, un amplificateur TEC et un détecteur sensible aux phases.

19.2.4.2 Le système constitué par le détecteur, l'amplificateur et le phasemètre doit uniquement répondre à la composante fondamentale de Fourier du signal de modulation et doit introduire un déphasage constant du signal sur toute la plage des flux énergétiques reçus.

19.2.4.3 L'unité de traitement des signaux enregistrera le signal différentiel à la sortie du phasemètre, généré par la paire de longueurs d'onde d'essai; en outre, l'unité de traitement des signaux transmettra un signal de sortie représentant la phase différentielle entre les deux longueurs d'onde au calculateur/système d'acquisition des données. Le choix de la longueur d'onde et la mesure de la phase relative, aux deux longueurs d'onde, doivent être suffisamment rapides pour que le résultat ne soit pas faussé par une dérive de la longueur de la fibre en essai. L'unité de traitement des signaux peut être réalisée de plusieurs manières, dont trois exemples représentatifs sont donnés ci-après.

Dans le premier exemple, illustré par les figures 25 et 26, l'unité de traitement des signaux enregistre une phase à une longueur d'onde d'essai donnée et enregistre ensuite une phase à l'autre longueur d'onde. La dispersion chromatique à la longueur d'onde moyenne est déterminée à partir de la phase différentielle et de la longueur de la fibre. L'unité intitulée «traitement des signaux» dans la figure 26 peut comprendre le calculateur.

Le second exemple est illustré par la figure 27. Le signal de référence du phasemètre est lui-même une des deux longueurs d'onde d'essai qui parcourent la fibre.

Le troisième exemple est illustré par la figure 28. La lumière est alternée entre deux longueurs d'onde à une fréquence de plusieurs centaines de hertz, permettant ainsi la détection d'une phase différentielle à la sortie du phasemètre. Le phasemètre génère un signal alternatif qui est synchrone avec la modulation de la longueur d'onde et dont l'amplitude est proportionnelle à la phase différentielle entre les deux longueurs d'onde d'essai. Le signal est ensuite démodulé par un amplificateur à verrouillage pour générer un signal continu représentant la phase différentielle. La dispersion chromatique à la longueur d'onde moyenne est déterminée à partir de la phase différentielle et de la longueur de la fibre.

19.2.4.4 Il est possible de prévoir un dispositif optique, tel qu'un atténuateur optique variable pour réguler le flux énergétique reçu.

19.2.5 Signal de référence

19.2.5.1 Un signal de référence, dont la composante de Fourier fondamentale est identique à celle du signal de modulation, doit être transmis au phasemètre qui servira à mesurer les phases différentielles des sources de signaux. Le signal de référence doit être impérativement synchronisé par rapport au signal de modulation et doit être déduit à partir du signal de modulation.

19.2.4 Signal detector and signal detection electronics

19.2.4.1 An optical detector that is sensitive over the range of wavelengths to be measured shall be used in conjunction with a phase meter. An amplifier can be used to increase the detection system sensitivity. A typical system might include a PIN photodiode, FET amplifier and a phase sensitive detector.

19.2.4.2 The detector-amplifier-phase meter system shall respond only to the fundamental Fourier component of the modulating signal and shall introduce a signal phase shift that is constant over the range of received optical powers encountered.

19.2.4.3 The signal processing unit will record the differential output from the phase meter produced by the pair of test wavelengths and provide an output representing the differential phase between the two wavelengths to the computer/data acquisition system. The selection of the wavelength and measurement of the relative phase at the two wavelengths shall be sufficiently rapid so that the result is not adversely affected by a test fibre length drift. The signal processing block may be implemented in several ways, three examples of which are given below.

In the first example depicted in figures 25 and 26, the signal processing block records a phase at one test wavelength and then records a phase at the other wavelength. The chromatic dispersion at the mean wavelength is determined from the differential phase and fibre length. The block labelled "signal processing" in figure 26 may be encompassed by the computer.

The second example is depicted in figure 27. The reference signal for the phase meter is itself one of the two test wavelengths which pass down the fibre.

The third example is depicted in figure 28. The light is alternated between two wavelengths at a frequency of several hundred hertz, allowing the detection of a differential phase output using the phase meter. The phase meter produces an a.c. signal, synchronous with the wavelength modulation, with amplitude proportional to the differential phase between the two test wavelengths. This signal is subsequently demodulated by a lock-in amplifier to produce a d.c. signal representing the differential phase. The chromatic dispersion at the mean wavelength is determined from the differential phase and fibre length.

19.2.4.4 Optical means, such as a variable optical attenuator, may be provided to control the received optical power.

19.2.5 Reference signal

19.2.5.1 A reference signal with the same fundamental Fourier component as the modulating signal shall be provided to the phase meter against which to measure the differential phases of the signal sources. The reference signal shall imperatively be synchronized to the modulating signal and is typically derived from the modulating signal.

19.2.5.2 Exemples de signaux de référence (se reporter à la figure 25)

- a) Lorsque les sources de signaux et le détecteur sont coïmplantés, comme c'est le cas lors d'un essai en laboratoire ou lors d'un étalonnage il est possible d'utiliser un raccordement électrique entre le générateur de signaux et l'accès de référence du phasemètre.
- b) Pour les équipements coïmplantés, il est également possible d'utiliser un diviseur optique installé avant l'échantillon en essai et un détecteur.
- c) Pour les essais sur site relatifs à des câbles optiques (sources et détecteur non coïmplantés), il est possible d'utiliser une liaison optique, comprenant, typiquement, une source lumineuse modulée, une fibre et un détecteur similaires à ceux utilisés pour l'échantillon en essai.

19.2.6 Equipement de calcul

Il est possible d'utiliser un calculateur numérique pour le contrôle des équipements, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

19.3 Echantillon en essai

19.3.1 L'échantillon en essai doit être représenté par une fibre ou un câble dont la longueur connue est suffisante pour assurer une précision convenable de la mesure des phases différentielles. Il est possible de fixer une longueur minimale typique de 1 km.

19.3.2 Il est nécessaire d'utiliser une fibre d'étalonnage de phases différentielles du même type que celle de l'échantillon en essai pour compenser les retards chromatiques dans les sources optiques et dans les autres composants de l'équipement. La longueur de cette fibre doit être égale ou inférieure à 0,2 % de la longueur de la fibre en essai.

NOTE La température de l'échantillon en essai doit être stable pendant toute la durée de la mesure, dans des limites de tolérance comprises entre 0,1 °C et 1 °C, selon l'évolution de cette stabilité dans le temps.

19.4 Procédure d'essai

19.4.1 Mesures relatives à l'échantillon en essai

La fibre en essai doit être insérée dans l'appareillage de mesure et un signal de référence doit être généré. La phase différentielle $\Delta\phi(\lambda_i)$ des paires de longueurs d'onde adjacentes λ_i' et λ_i'' avec la longueur d'onde moyenne λ_i doit être mesurée et enregistrée.

19.4.2 Etalonnage

La fibre d'étalonnage des phases doit être insérée dans l'appareillage de mesure et un signal de référence doit être généré.

La phase différentielle $\Delta\phi'(\lambda_i)$ des paires de longueurs d'onde adjacentes λ_i' et λ_i'' avec la longueur d'onde moyenne λ_i doit être mesurée et enregistrée.

Pour le calcul de la dispersion, la phase différentielle de la fibre d'étalonnage à chaque paire de longueurs d'onde doit être soustraite de la phase différentielle correspondante de la fibre en essai.

NOTE Toutes les mesures concernant l'échantillon en essai et l'étalonnage doivent être effectuées avec un niveau de flux énergétique à l'entrée du détecteur ajusté à une plage de valeurs qui réduit les déphasages en fonction des niveaux dans le détecteur et dans les dispositifs électroniques.

19.2.5.2 Examples of reference signals (see figure 25)

- a) Where the signal sources and detector are co-located, such as in a laboratory test or during calibration, an electrical connection can be used between the signal generator and the reference port of the phase meter.
- b) An optical splitter, inserted before the test sample, and a detector may also be used for co-located equipment.
- c) For field testing of optical cables (sources and detector not collocated), an optical link can be used typically comprising a modulated light source, fibre and detector similar to those used for the test sample.

19.2.6 Computation equipment

A digital computer can be used for purposes of equipment control, data acquisition and numerical evaluation of the data.

19.3 Test sample

19.3.1 The test sample shall be a fibre or cable of known length sufficiently long to produce adequate phase measurement accuracy. A typical minimum length may be 1 km.

19.3.2 A differential phase calibration fibre of the same fibre type shall be used to compensate for chromatic delays in the optical sources and other equipment components. The length of this fibre shall be less than or equal to 0,2 % of the test fibre length.

NOTE The temperature of the test sample shall be stable during the measurement within 0,1 °C to 1 °C, depending upon temporal behaviour of this change.

19.4 Test procedure

19.4.1 Test sample measurements

The test fibre shall be inserted into the measurement apparatus and a reference signal established. The differential phase $\Delta\phi(\lambda_i)$ of adjacent pairs of wavelengths λ_i' , λ_i'' with mean wavelength λ_i shall be measured and recorded.

19.4.2 Calibration

The phase calibration fibre shall be inserted into the measurement apparatus and a reference signal shall be established.

The differential phase $\Delta\phi'(\lambda_i)$ of adjacent pairs of wavelengths λ_i' , λ_i'' with mean wavelength λ_i shall be measured and recorded.

For calculating dispersion, the calibration fibre differential phase at each wavelength pair shall be subtracted from the corresponding test fibre differential phase.

NOTE All test sample and calibration measurements shall be performed with the input optical power level at the detector adjusted to a range that minimizes level-dependent phase shifts in the detector and electronics.

19.4.3 Calculs

19.4.3.1 Le coefficient de dispersion chromatique à chaque longueur d'onde λ_i est donné par la relation suivante:

$$D(\lambda_i) = \frac{\Delta\phi(\lambda_i) - \Delta\phi'(\lambda_i)}{360 \times f \times L \times \Delta\lambda} \quad 10^{12} \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km}) \quad (2)$$

où

λ_i est la valeur moyenne des deux longueurs d'onde λ_i' et λ_i'' , exprimée en nm;

$\Delta\lambda = \lambda_i' - \lambda_i''$, en nm;

$\Delta\phi(\lambda_i)$ a été mesurée en 19.4.1 et est donnée en degrés;

$\Delta\phi'(\lambda_i)$ a été mesurée en 19.4.2 et est donnée en degrés;

f est la fréquence de modulation, exprimée en hertz;

L est la longueur de l'échantillon en essai moins la longueur de l'échantillon d'étalonnage, exprimée en kilomètres.

19.4.3.2 Le coefficient de dispersion chromatique lui-même peut servir à caractériser la fibre en essai. Aucun traitement de données ni aucun calcul supplémentaire ne sont requis pour la mesure du ou des coefficients de dispersion à la ou aux longueurs d'onde d'essai utilisées.

19.4.3.3 Il est possible de calculer les valeurs en procédant conformément aux indications de l'article 21 pour obtenir la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 et la pente de dispersion S_0 à λ_0 .

19.5 Résultats

19.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- titre de l'essai;
- identification de l'échantillon en essai;
- longueur de l'échantillon en essai;
- résultats d'essai prescrits par la spécification particulière;
- humidité relative et température ambiante.

Exemples d'informations susceptibles d'être requises par la spécification particulière:

- a) Valeurs du coefficient de dispersion mesurées à un certain nombre de longueurs d'onde spécifiées.
- b) Maximum(s) de dispersion sur une plage de longueurs d'onde spécifiées.
- c) Longueur d'onde de dispersion nulle et la pente de dispersion à cette longueur d'onde.

19.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- personnel chargé d'effectuer les essais;
- description de la ou des sources optiques et des paires de longueurs d'onde d'essai utilisées;
- fréquence de modulation;
- description du détecteur de signaux et du dispositif électronique de détection des signaux;
- description des méthodes de calcul utilisées et, le cas échéant, des équations de l'article 21 utilisées pour le calcul.

19.4.3 Calculations

19.4.3.1 The chromatic dispersion coefficient at each wavelength λ_i is given by:

$$D(\lambda_i) = \frac{\Delta\phi(\lambda_i) - \Delta\phi'(\lambda_i)}{360 \times f \times L \times \Delta\lambda} \quad 10^{12} \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km}) \quad (2)$$

where

λ_i is the mean value of the two wavelengths λ_i' and λ_i'' , in nm;

$\Delta\lambda = \lambda_i' - \lambda_i''$, in nm;

$\Delta\phi(\lambda_i)$ was measured in 19.4.1 and is given in degrees;

$\Delta\phi'(\lambda_i)$ was measured in 19.4.2 and is given in degrees;

f is the frequency of the modulating waveform, in hertz;

L is the test sample length minus the calibration sample length, in kilometres.

19.4.3.2 The chromatic dispersion coefficient may in itself be used to characterize the test fibre. No other data processing or calculation is necessary for the measurement of the dispersion coefficient(s) at the test wavelength(s) used.

19.4.3.3 The data may be calculated as shown in clause 21 to obtain the zero-dispersion wavelength λ_0 and the dispersion slope S_0 at λ_0 .

19.5 Results

19.5.1 The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- title of test;
- test sample identification;
- test sample length;
- test results as required by the detail specification;
- relative humidity and ambient temperature.

Examples of the information that the detail specification may require:

- a) Dispersion coefficient values measured at certain specified wavelengths.
- b) Dispersion maximum (or maxima) over a specified range of wavelengths.
- c) Zero-dispersion wavelength and dispersion slope at this wavelength.

19.5.2 The following information shall be available:

- test personnel;
- description of optical source(s) and test wavelength pairs used;
- modulation frequency;
- description of signal detector and signal detection electronics;
- description of computational techniques used and equations of clause 21 used for calculation, if used.

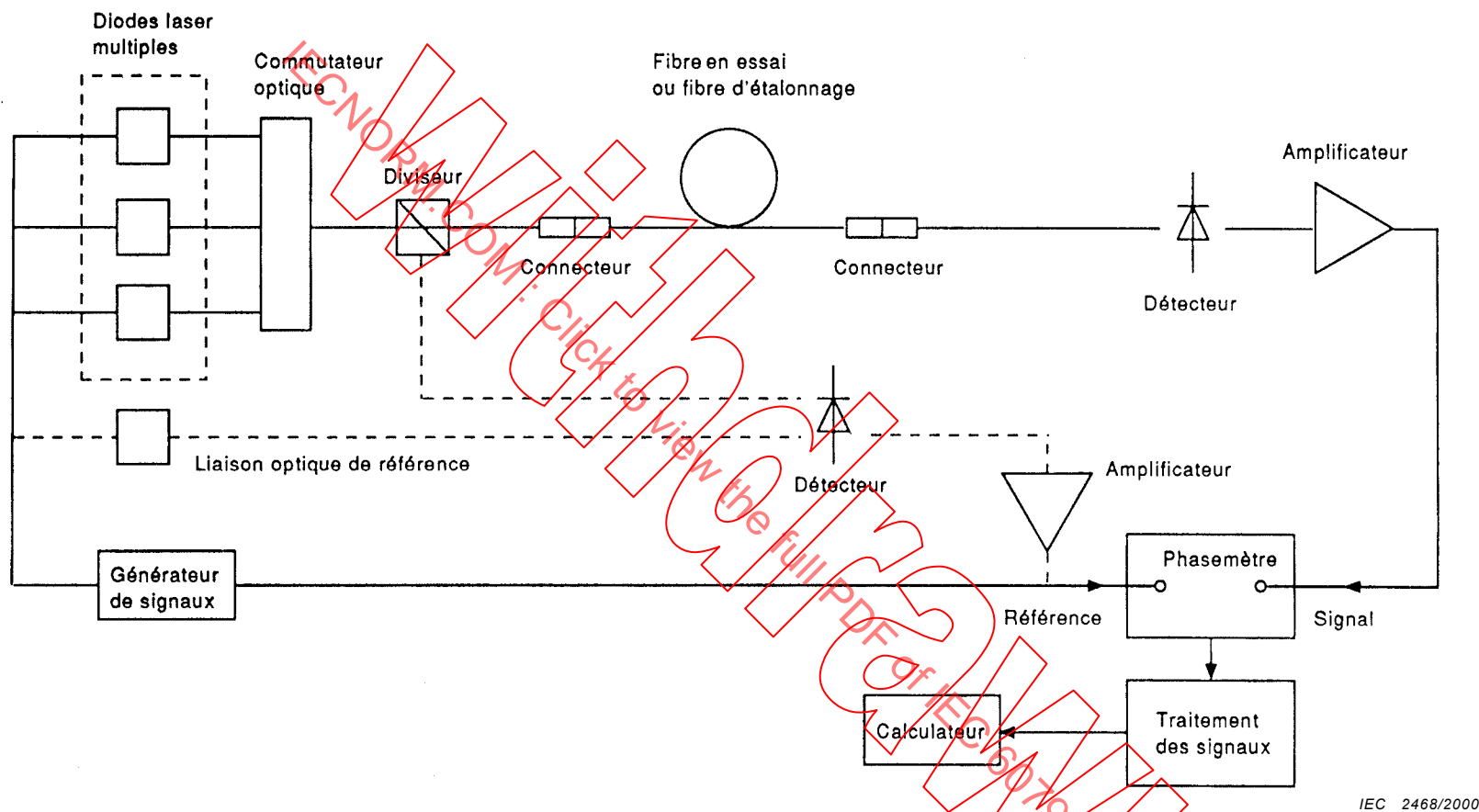
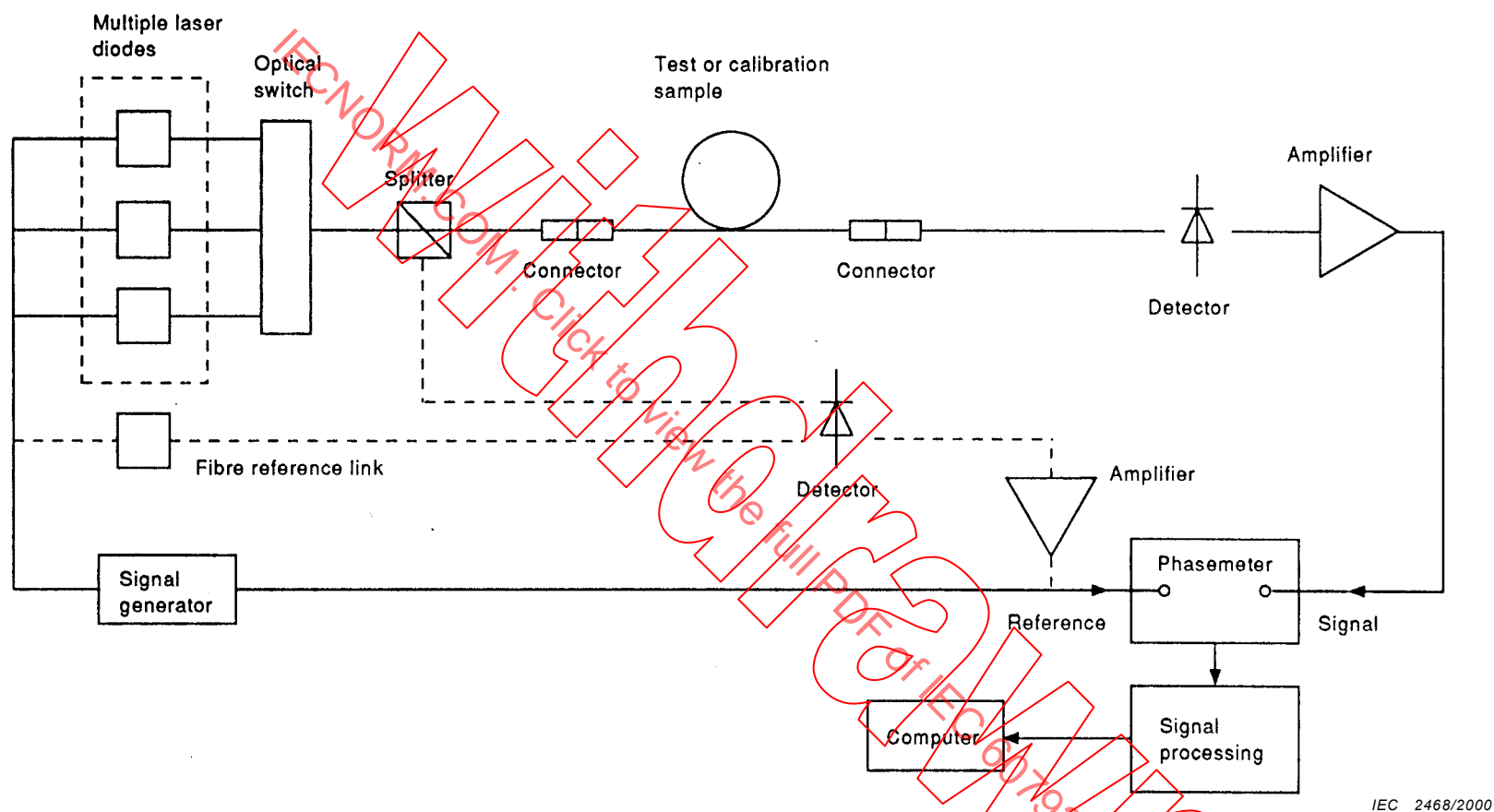


Figure 25 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à diodes laser multiples



IEC 2468/2000

Figure 25 – Chromatic dispersion test set – Multiple laser diodes system

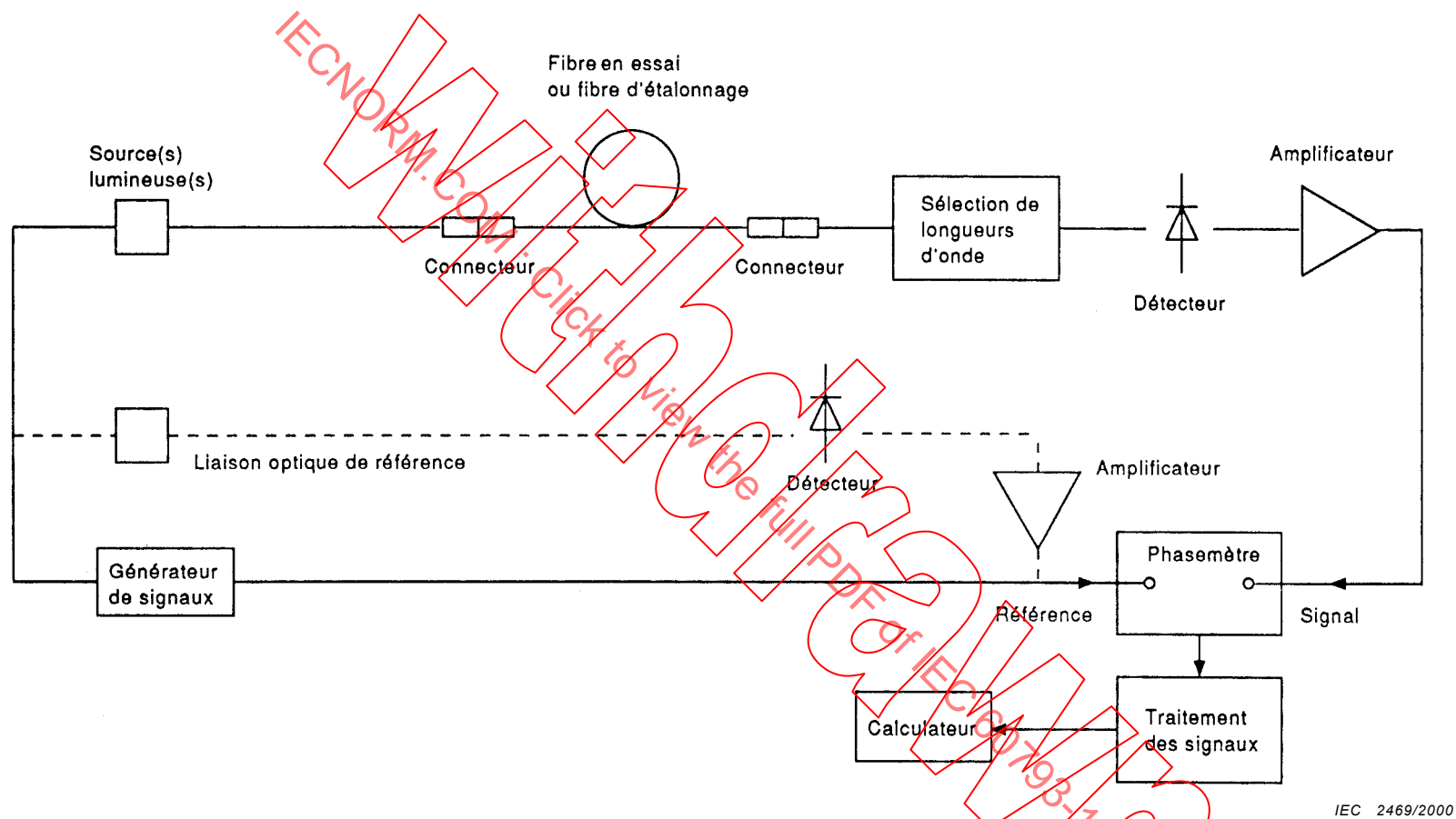


Figure 26 – Montage d'essai de dispersion chromatique – Système à DEL

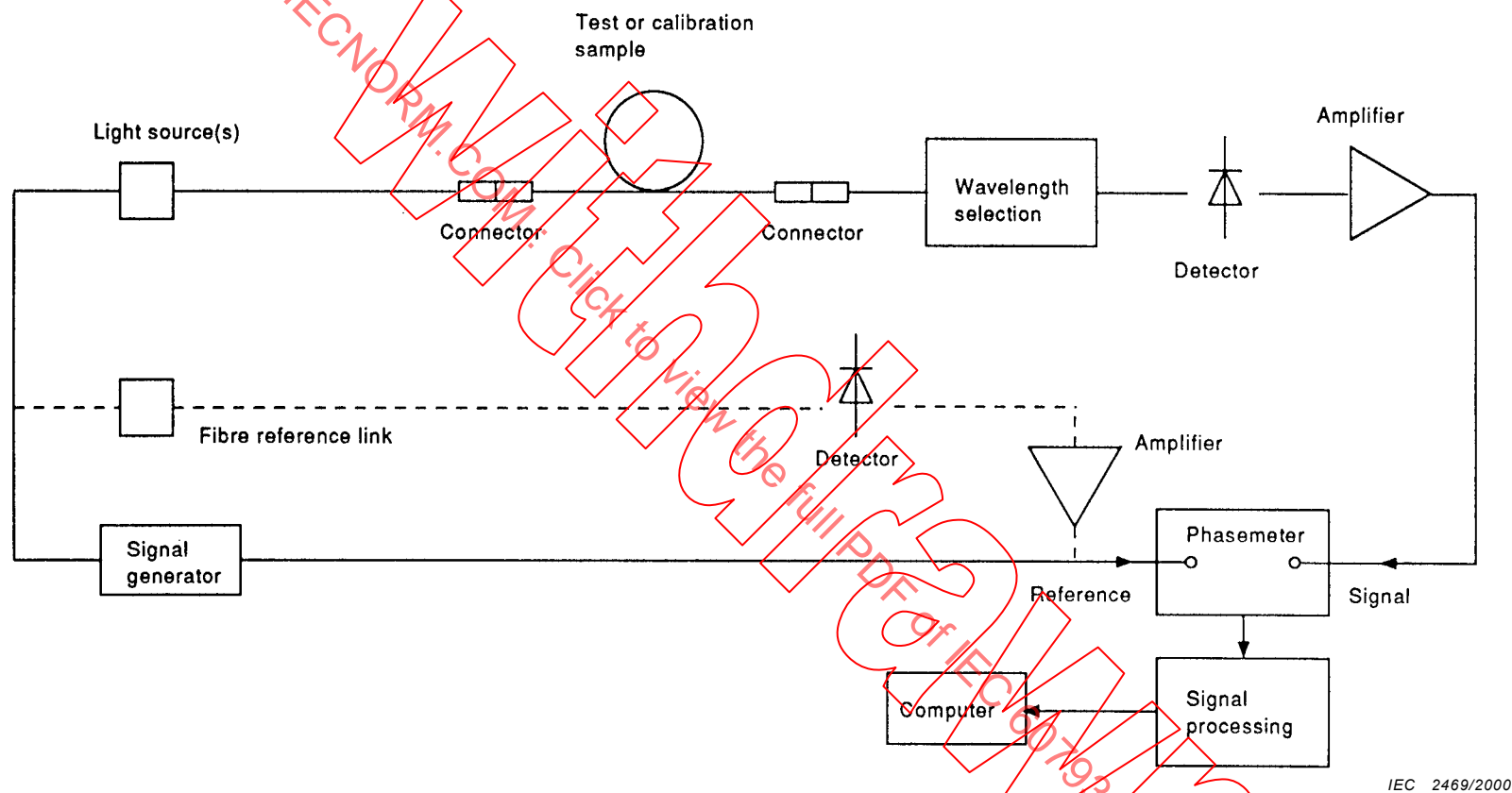


Figure 26 – Chromatic dispersion test set – LED system

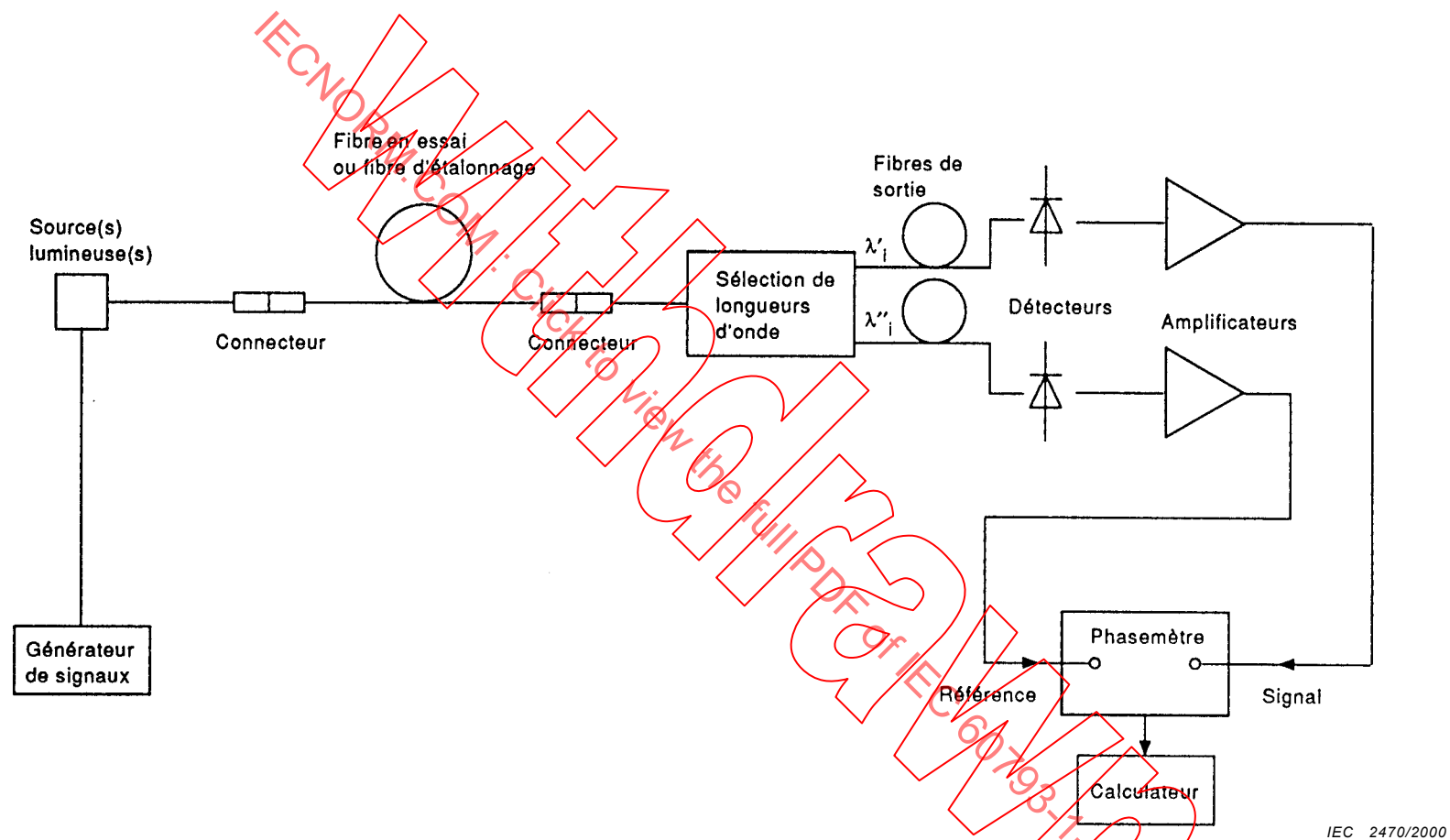


Figure 27 – Montage d'essai de dispersion chromatique des fibres – Phase différentielle par la méthode à double longueur d'onde

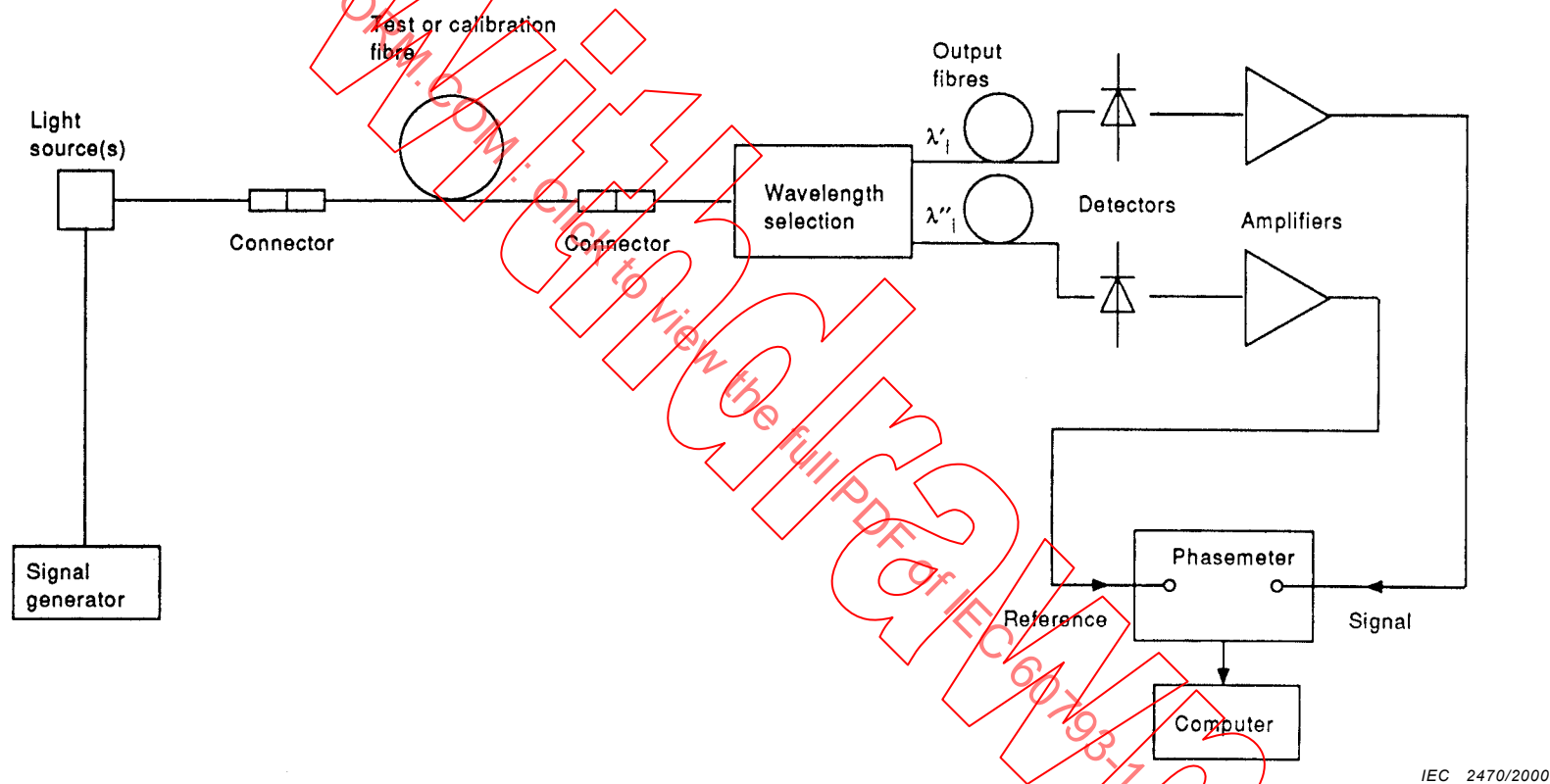


Figure 27 – Fibre chromatic dispersion test set – Differential phase by dual wavelength method

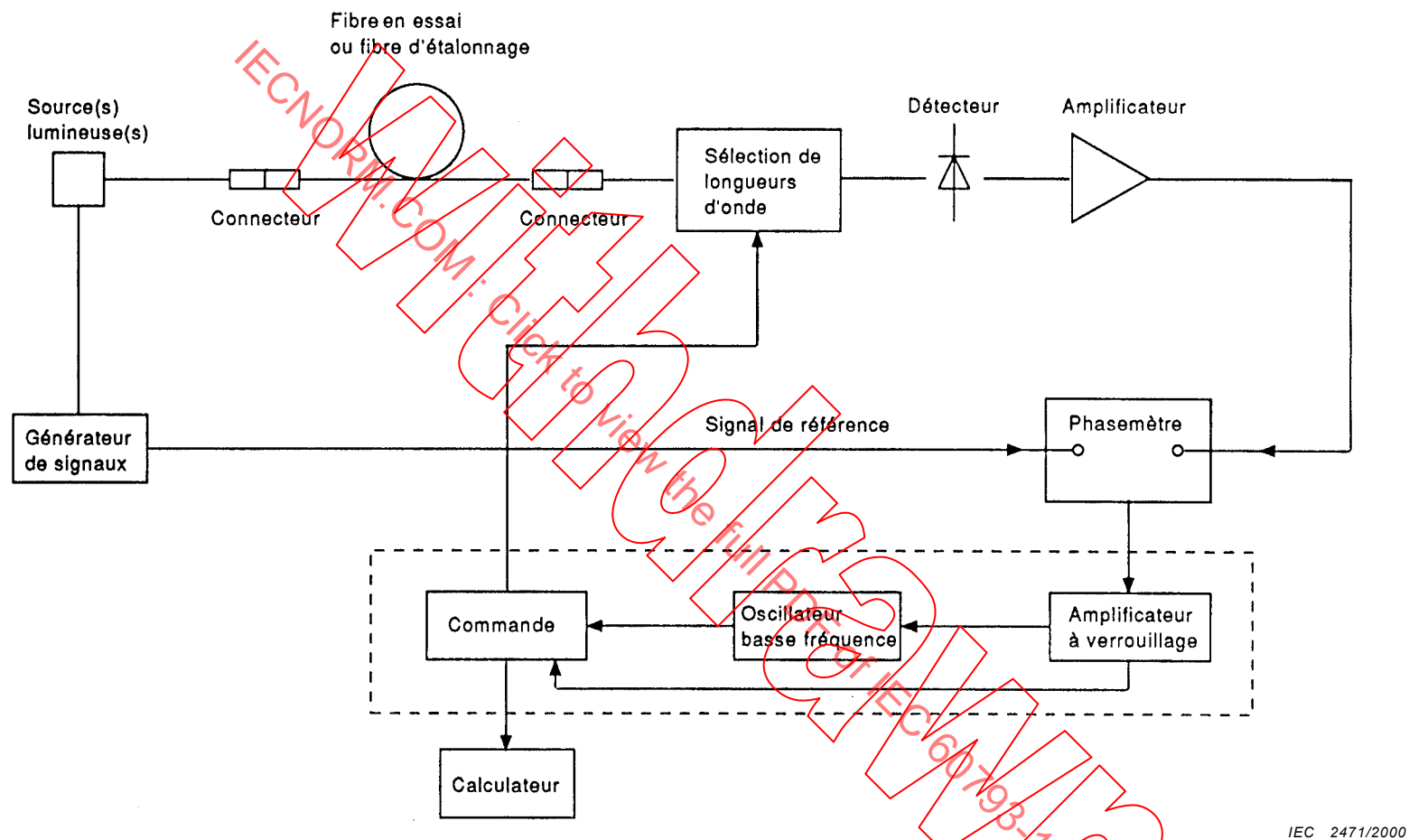
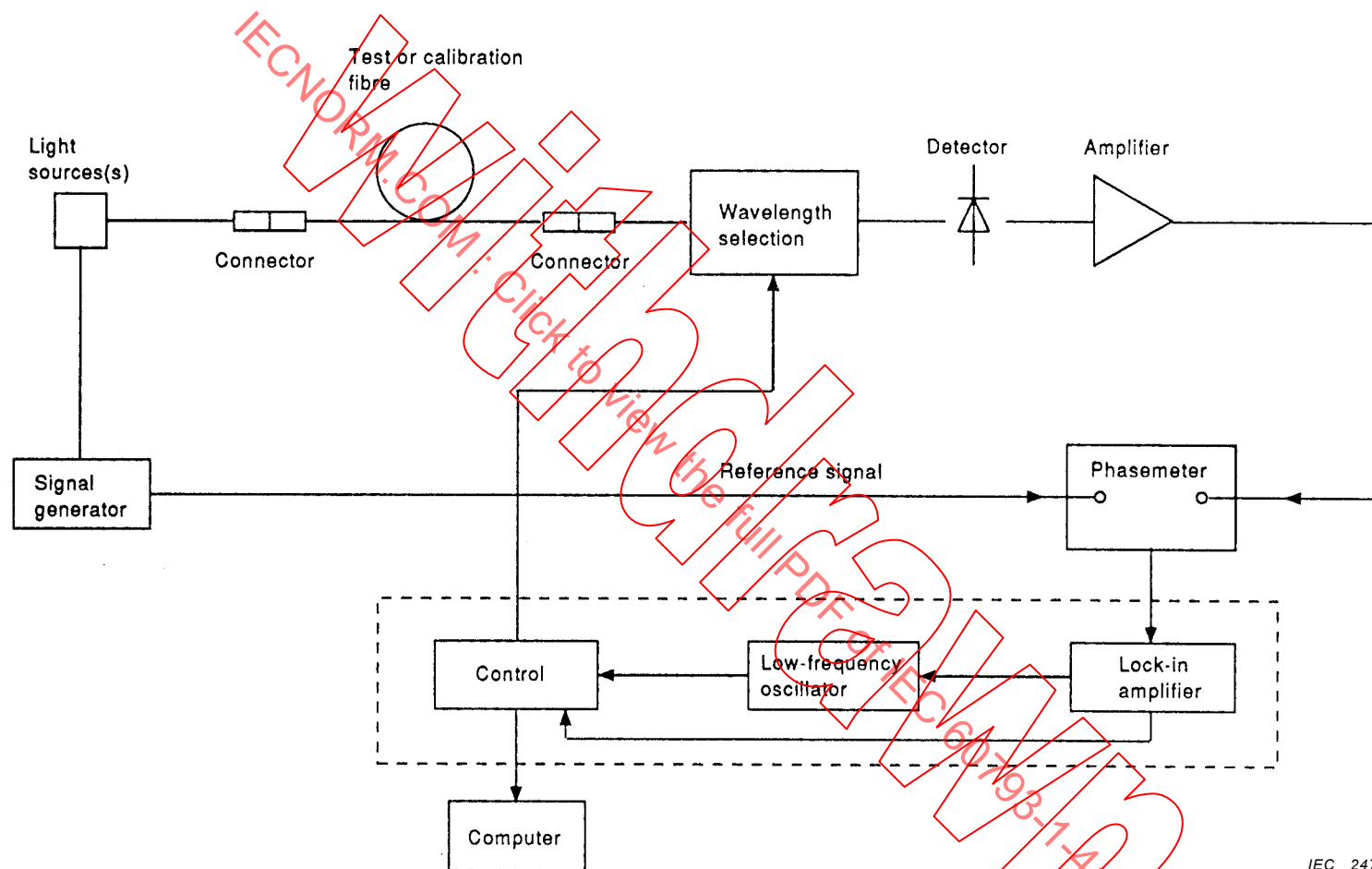


Figure 28 – Montage d'essai de dispersion chromatique des fibres – Phase différentielle par double démodulation

IEC 2471/2000



IEC 2471/2000

Figure 28 – Fibre chromatic dispersion test set – Differential phase by double demodulation

20 Méthode CEI 60793-1-C5D – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par interférométrie

20.1 Objet

La présente méthode décrit une procédure pour la détermination de la dispersion chromatique des fibres unimodales de catégorie B1 à B3 dans la plage de longueurs d'onde de 1 000 nm à 1 700 nm. La dispersion chromatique des longueurs de fibre courtes peut être mesurée avec cette méthode.

Dans la présente méthode d'essai, le temps de propagation dépendant de la longueur d'onde entre l'échantillon d'essai et le chemin de référence est mesuré par un interféromètre Mach-Zehnder. Le chemin de référence peut être un chemin dans l'air ou une fibre unimodale de temps de propagation de groupe spectral connu.

Il convient de noter que l'extrapolation des valeurs de dispersion chromatique provenant de l'essai interférométrique dans les fibres de quelques mètres de longueur à des sections de fibres de grande longueur suppose une homogénéité longitudinale de la fibre. Cette hypothèse peut ne pas être applicable dans chaque cas.

20.2 Echantillon

Pour la présente méthode d'essai, une longueur typique d'échantillon est comprise entre 1 m et 10 m.

20.3 Appareillage

Des schémas de deux exemples de systèmes d'essai de dispersion chromatique utilisant la méthode interférométrique, avec une fibre de référence et un chemin dans l'air de référence, sont représentés aux figures 29 et 30.

20.3.1 Source lumineuse

L'intensité et la longueur d'onde de la source lumineuse doivent être stables pendant la période de mesure et la plage de longueurs d'onde en position. Il faut que la source soit appropriée, par exemple un laser YAG avec fibre Raman, une lampe ou une LED. Pour l'application des techniques d'amplification synchrones, une source lumineuse à modulation basse fréquence (50 Hz à 500 Hz) est suffisante. Un découpeur léger est utile pour moduler la lumière.

20.3.2 Sélecteur de longueur d'onde

Le sélecteur de longueur d'onde doit choisir la longueur d'onde à laquelle le temps de propagation de groupe est mesuré. Par exemple, un monochromateur, un filtre interférentiel ou un autre sélecteur de longueur d'onde peut être acceptable en fonction du type de source optique et des systèmes de mesure. Le sélecteur de longueur d'onde peut être situé soit à l'entrée soit à la sortie de la fibre à l'essai. La largeur spectrale à la sortie du sélecteur de longueur d'onde doit être réduite par la précision de la mesure de dispersion et elle est d'environ 2 nm à 10 nm.

20.3.3 Détecteur de signaux

Le détecteur de signaux doit avoir une sensibilité couvrant la plage des longueurs d'onde à mesurer. Si nécessaire, le signal reçu pourrait être amplifié, par exemple avec un circuit de transimpédance. Pour l'enregistrement des moirages, on peut utiliser un amplificateur synchrone.

20 Method IEC 60793-1-C5D – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by interferometry

20.1 Object

This method describes a procedure for determining the chromatic dispersion of single-mode fibres categories B1 to B3 over the 1 000 nm to 1 700 nm wavelength range. The chromatic dispersion of short lengths of fibre can be measured with this method.

In this test method, the wavelength-dependent time delay between the test sample and the reference path is measured by a Mach-Zehnder interferometer. The reference path can be an air path or a single-mode fibre with known spectral group delay.

It should be noted that the extrapolation of the chromatic dispersion values derived from the interferometric test in fibres of a few metres in length to long fibre sections assumes longitudinal homogeneity of the fibre. This assumption may not be applicable in every case.

20.2 Specimen

A typical specimen length is in the range 1 m to 10 m for this test method.

20.3 Apparatus

Schematic drawings of two examples of chromatic dispersion test systems using the interferometric method, with a reference fibre and an air reference path, are shown in figures 29 and 30 respectively.

20.3.1 Light source

The intensity and wavelength of the light source shall be stable over the measurement time period and the wavelength range at the position. The source must be suitable, for example a YAG laser with a Raman fibre, a lamp or an LED. For the application of lock-in amplification techniques, a light source with low-frequency modulation (50 Hz to 500 Hz) is sufficient. A light chopper is useful to modulate the light.

20.3.2 Wavelength selector

A wavelength selector shall select the wavelength at which the group delay is measured. For example a monochromator, optical interference filter or other wavelength selector may be acceptable, depending upon the type of optical sources and measurement systems. The wavelength selector may be located either at the input or the output end of the fibre under test. The spectral width at the output of the wavelength selector is to be restricted by the dispersion measurement accuracy, and it is about 2 nm to 10 nm.

20.3.3 Signal detector

The optical detector shall be sensitive over the range of wavelengths to be measured. If necessary, the received signal could be amplified with, for example, a transimpedance circuit. For the recording of the interference patterns, a lock-in amplifier may be used.

20.3.4 Chemin de référence optique

Le chemin de référence optique est constitué d'un dispositif de positionnement linéaire et d'une fibre optique de référence ou d'une ligne à retard optique.

NOTE Lorsqu'on utilise un chemin dans l'air pour la ligne de retard optique, il n'y a pas de dispersion chromatique. C'est la raison pour laquelle on peut facilement mesurer la dispersion chromatique de la fibre à l'essai. Lorsqu'on utilise une fibre optique pour la référence, il convient que la fibre soit étalonnée par la présente méthode d'essai qui utilise la référence de chemin dans l'air. Il existe une possibilité d'utiliser une autre méthode d'essai telle que la CEI 60793-1-C5A, B ou C pour l'étalonnage de la fibre de référence, lorsque la dérive longitudinale de la dispersion chromatique est négligeable.

20.3.4.1 Dispositif de positionnement linéaire

Le dispositif de positionnement linéaire doit être situé dans le chemin de référence pour équilibrer la longueur optique des deux chemins de l'interféromètre. Il est recommandé que le dispositif de positionnement ait une précision, une uniformité et une stabilité de déplacement linéaire suffisantes. Il convient que la variation de la longueur couvre la plage de 20 mm à 100 mm avec une précision de 2 μm .

20.3.4.2 Fibre optique de référence

La valeur du temps de propagation de groupe de la fibre de référence doit être connue pour la plage des longueurs d'onde à mesurer. Ces valeurs sont nécessaires pour calculer le temps de propagation de groupe de la fibre à l'essai.

NOTE Ne pas rediviser la fibre de référence étalonnée. Le fait de rediviser peut affecter la précision des mesures.

20.3.4.3 Ligne de retard optique

La valeur du temps de propagation de groupe de la ligne de retard optique doit être connue pour toute la plage des longueurs d'ondes à mesurer. Ces valeurs sont nécessaires pour calculer le temps de propagation de groupe de la fibre à l'essai.

20.3.5 Traitement des données

Pour l'analyse des moirages, il est recommandé d'utiliser un ordinateur avec un logiciel approprié.

20.4 Procédure

20.4.1 Mesure de l'échantillon d'essai

Insérer l'échantillon d'essai dans l'appareillage de mesure et choisir la longueur d'onde appropriée λ_1 . Trouver la position x_1 qui génère le maximum de moirages en faisant fonctionner le dispositif de positionnement linéaire et enregistrer cette position.

Ensuite, choisir l'autre longueur d'onde λ_2 et trouver la position x_2 qui génère le maximum de moirages en faisant fonctionner le dispositif de positionnement linéaire et enregistrer cette position. Répéter la même procédure un nombre de fois approprié à la longueur d'onde λ_1 et enregistrer x_1 comme représenté à la figure 31.

20.3.4 Optical reference path

The optical reference path consists of a linear positioning device and a reference optical fibre or an optical delay line.

NOTE When using the air-path for the optical delay line, there is no chromatic dispersion. Therefore, the chromatic dispersion of the fibre under test can easily be measured. When using an optical fibre for the reference, the fibre should be calibrated by this test method which uses the air-path reference. There is a possibility to use another test method such as IEC 60793-1-C5A, B or C for the reference fibre calibration, when the longitudinal deviation of the chromatic dispersion is negligible.

20.3.4.1 Linear positioning device

The linear positioning device shall be located in the reference path in order to balance the optical length of the two paths of the interferometer. The positioning device should have sufficient accuracy, uniformity and stability of linear motion. The variation of the length should cover the range from 20 mm to 100 mm with an accuracy of 2 μm .

20.3.4.2 Reference optical fibre

The group delay value of the reference fibre shall be known over the range of wavelengths to be measured. Those values are necessary to calculate the group delay of the test fibre.

NOTE Do not re-cleave the calibrated reference fibre. Re-cleaving may affect the measurement accuracy.

20.3.4.3 Optical delay line

The group delay value of the optical delay line shall be known over the range of wavelengths to be measured. Those values are necessary to calculate the group delay of the test fibre.

20.3.5 Data processing

For analysis of the interference patterns, a computer with suitable software should be used.

20.4 Procedure

20.4.1 Test sample measurement

Insert the test sample into the measurement apparatus and select the appropriate wavelength λ_1 . Find the position x_1 which generates the maximum of the interference pattern by operating the linear positioning device and record it.

Next, select the other wavelength λ_2 and find the position x_2 which generates the maximum of the interference pattern by operating the linear positioning device and record it. Repeat the same procedure an appropriate number of times at the wavelength λ_i and record x_i as shown in figure 31.

20.5 Calculs

20.5.1 Temps de propagation de groupe par unité de longueur

La différence de temps de propagation de groupe $\Delta t_{gm}(\lambda_i)$ entre le chemin de référence et le chemin d'essai est exprimée comme suit:

$$\Delta t_{gm}(\lambda_i) = (x_1 - x_i)/c \quad (1)$$

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

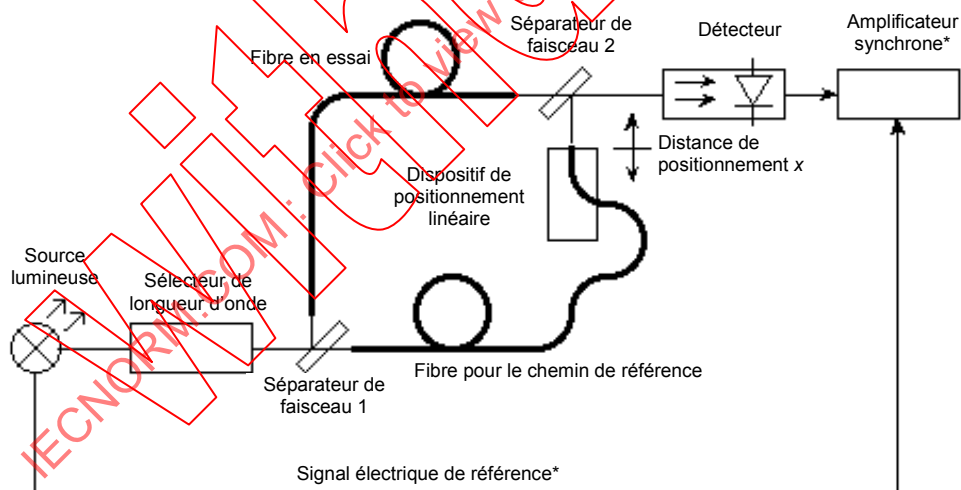
Lorsque le temps de propagation de groupe spectral du chemin de référence est $\Delta t_{gr}(\lambda_i)$, le retard de propagation de groupe de l'échantillon d'essai $\Delta t_{gt}(\lambda_i)$ est donné par

$$\Delta t_{gt}(\lambda_i) = \Delta t_{gm}(\lambda_i) + \Delta t_{gr}(\lambda_i) \quad (2)$$

En divisant $\Delta t_{gt}(\lambda_i)$ par la longueur de la fibre d'essai L on obtient le retard de propagation de groupe par unité de longueur $\tau(\lambda)$ de la fibre à l'essai.

20.5.2 En utilisant les données de 20.5.1, calculer l'équation de temps de propagation la mieux adaptée parmi celles données à l'article 20.

20.5.3 En utilisant les valeurs les mieux adaptées des coefficients appropriés de l'article 20, calculer le coefficient de dispersion $D(\lambda)$ ou d'autres paramètres comme cela est exigé dans la spécification particulière. Se référer à la figure 31 comme exemple des données de temps de propagation $\tau(\lambda)$ et du coefficient de dispersion calculé $D(\lambda)$.



* Si nécessaire

IEC 2472/2000

Figure 29 – Ensemble d'essai de dispersion chromatique de fibre – Interférométrie par chemin de référence de fibre

20.5 Calculations

20.5.1 Group delay per unit length

The group delay difference $\Delta t_{gm}(\lambda_i)$ between the reference path and the test path is expressed as:

$$\Delta t_{gm}(\lambda_i) = (x_1 - x_i)/c \quad (1)$$

where c is the velocity of the light in a vacuum.

Where the spectral group delay of the reference path is $\Delta t_{gr}(\lambda_i)$, the group delay of the test sample $\Delta t_{gt}(\lambda_i)$ is given by

$$\Delta t_{gt}(\lambda_i) = \Delta t_{gm}(\lambda_i) + \Delta t_{gr}(\lambda_i) \quad (2)$$

Dividing $\Delta t_{gt}(\lambda_i)$ by the test fibre length L then gives the measured group delay per unit length $\tau(\lambda)$ of the test fibre.

20.5.2 Using the data of 20.5.1, calculate the best fit to one of the delay equations given in clause 20.

20.5.3 Using the best-fit values of the appropriate coefficients from clause 20, calculate the dispersion coefficient $D(\lambda)$ or other parameters as required by the detail specification. Refer to figure 31 as an example of the delay data, $\tau(\lambda)$ and the calculated dispersion coefficient $D(\lambda)$.

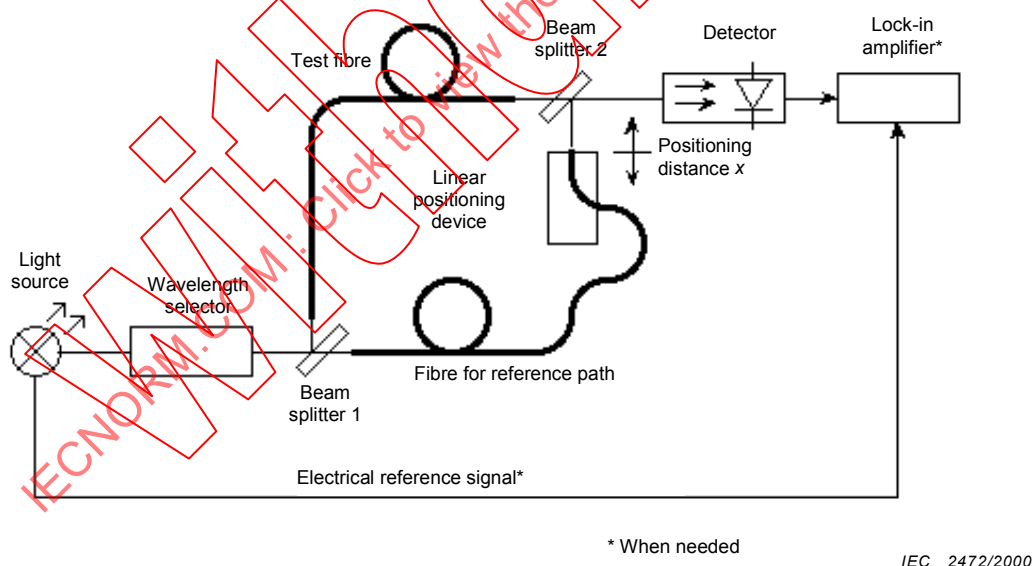


Figure 29 – Fibre chromatic dispersion test set – Interferometry by fibre reference path

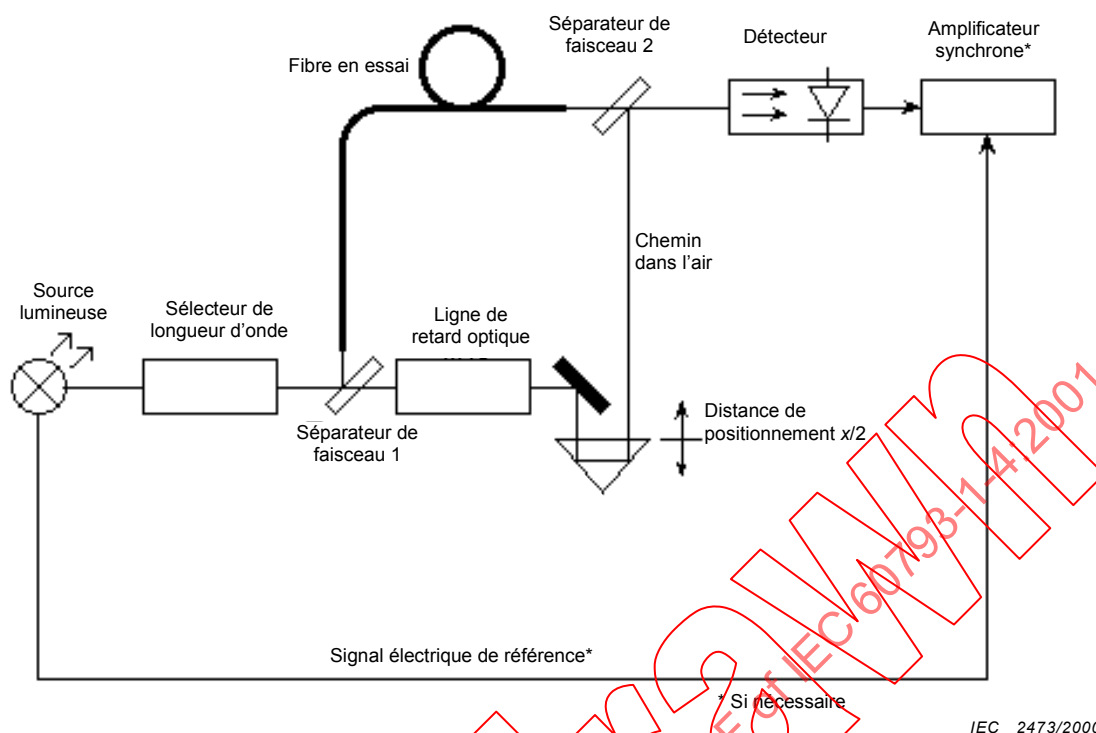


Figure 30 – Ensemble d'essai de dispersion chromatique de fibre – Interférométrie par chemin dans l'air de référence

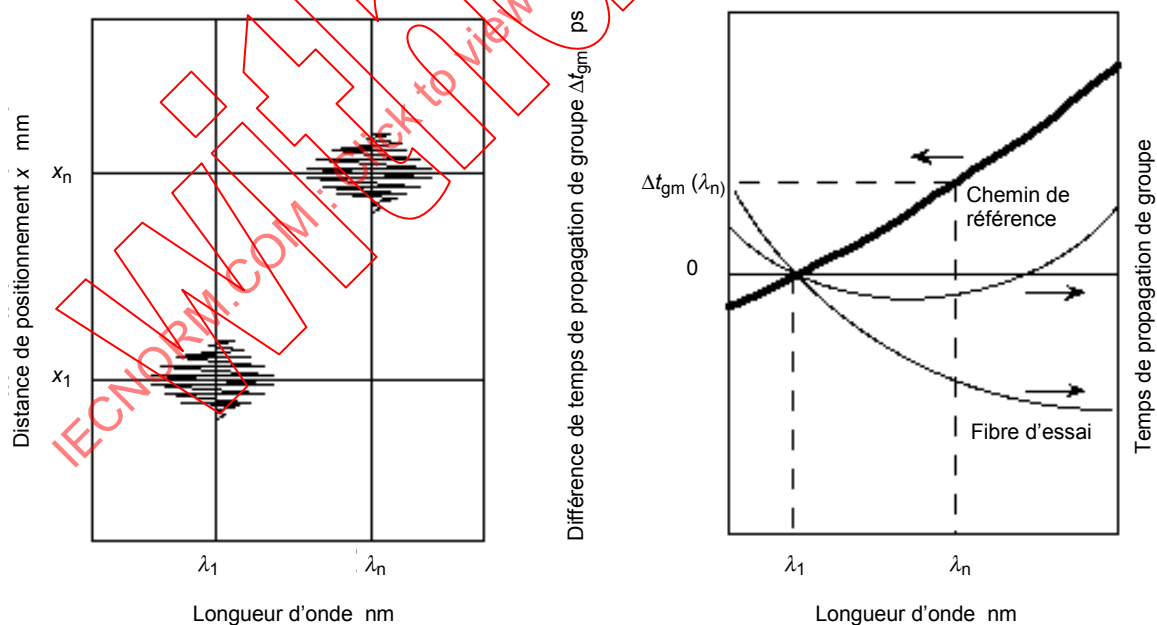


Figure 31 – Détermination du temps de propagation de groupe spectral

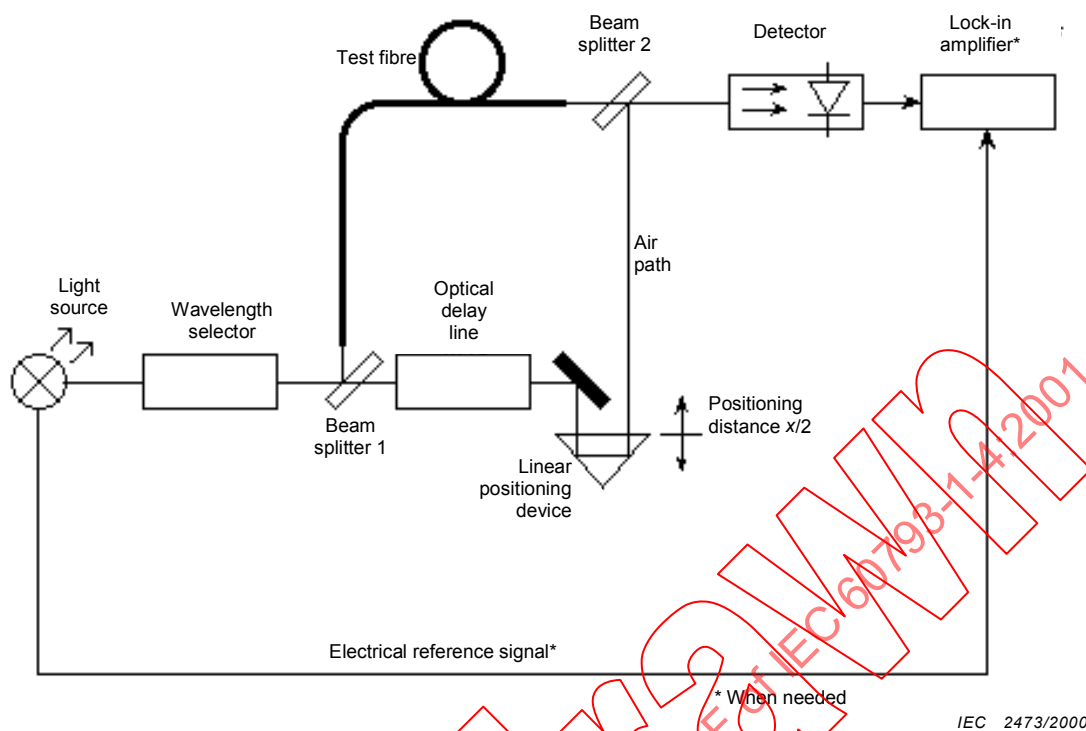


Figure 30 – Fibre chromatic dispersion test set – Interferometry by air reference path

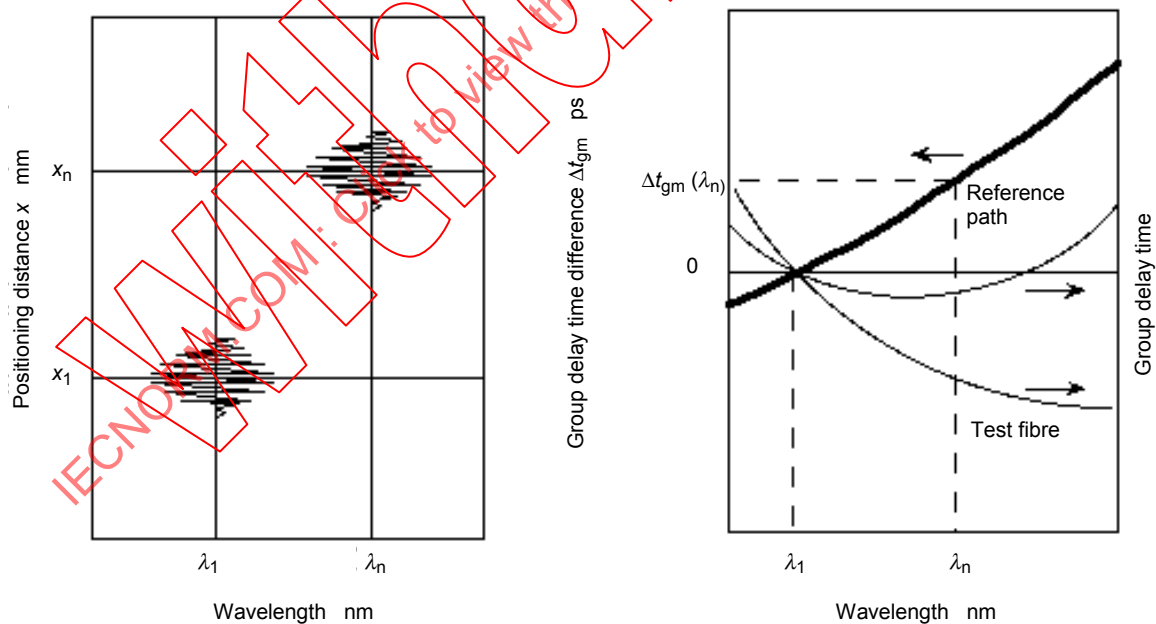


Figure 31 – Determination of the spectral group delay

21 Mesures de la dispersion chromatique

21.1 Fibres multimodales A1 et unimodales B1

Le présent article décrit l'ajustement numérique susceptible d'être appliqué aux valeurs du temps de propagation de groupe spectral normalisées $\tau(\lambda)$. Il s'applique aux fibres multimodales de catégorie A1, et aux fibres unimodales de catégorie B1, autour de 1 300 nm.

21.1.1 L'équation numérique des valeurs du temps de propagation est la suivante:

$$\tau(\lambda) = A + B\lambda^2 + C\lambda^{-2} \quad (1a)$$

où A, B et C sont les paramètres de réglage.

La relation suivante est une forme équivalente:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + \frac{S_0}{8} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^2}{\lambda} \right)^2 \quad (1b)$$

où

τ_0 est le temps de propagation minimal à la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 ;

S_0 est la pente de dispersion à cette longueur d'onde.

21.1.2 La dispersion chromatique est $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$. Pour les équations (1a) et (1b), les dispersions chromatiques sont respectivement données par les relations:

$$D(\lambda) = 2(B\lambda - C\lambda^{-3}) \quad (2a)$$

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \lambda \left(1 - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^4} \right) \quad (2b)$$

21.1.3 La longueur d'onde de dispersion nulle, représentée par λ_0 , est définie comme suit:

$$\lambda_0 = \left(\frac{C}{B} \right)^{1/4}$$

lorsque le temps de propagation est exprimé conformément à l'équation (1a).

21.1.4 La pente de dispersion, représentée par $S(\lambda)$, est définie comme suit:

$$S(\lambda) = \frac{dD}{d\lambda}$$

A la longueur de dispersion nulle λ_0 , la pente de dispersion est représentée par S_0 et elle est définie par la relation suivante:

$$S_0 = S(\lambda_0) = 8 B$$

lorsqu'on utilise la représentation de la dispersion de l'équation (2a).

21 Chromatic dispersion measurements

21.1 A1 multimode and B1 single-mode fibres

This clause describes the numerical fit that can be applied to the normalized spectral group delay data. It applies to category A1 multimode fibres, and to category B1 single-mode fibres around 1 300 nm.

21.1.1 The delay data fit is:

$$\tau(\lambda) = A + B\lambda^2 + C\lambda^{-2} \quad (1a)$$

where A, B, C are fit parameters.

An equivalent form is:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + \frac{S_0}{8} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^2}{\lambda} \right)^2 \quad (1b)$$

where

τ_0 is the relative delay minimum at the zero-dispersion wavelength λ_0 ;

S_0 is the dispersion slope there.

21.1.2 The chromatic dispersion is $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$. For the fits (1a) and (1b), chromatic dispersions are respectively:

$$D(\lambda) = 2(B\lambda - C\lambda^{-3}) \quad (2a)$$

$$D(\lambda) = -\frac{S_0}{4} \lambda \left(1 - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^4} \right) \quad (2b)$$

21.1.3 The zero-dispersion wavelength, represented as λ_0 , is defined as:

$$\lambda_0 = \left(\frac{C}{B} \right)^{1/4}$$

when the delay data is expressed according to equation (1a).

21.1.4 The dispersion slope, represented as $S(\lambda)$, is defined as:

$$S(\lambda) = \frac{dD}{d\lambda}$$

At the zero-dispersion wavelength λ_0 , the dispersion slope is represented as S_0 and is defined as:

$$S_0 = S(\lambda_0) = 8 B$$

when using the dispersion representation of equation (2a).

21.2 Fibres de catégorie B2

21.2.1 Ce paragraphe décrit l'ajustement numérique qui peut être appliqué aux valeurs du temps de propagation de groupe spectral normalisées $\tau(\lambda)$. Il s'applique aux fibres unimodales de catégorie B2.

21.2.2 Le temps de propagation de groupe mesuré par unité de longueur de fibre en fonction de la longueur d'onde doit être ajusté par l'expression quadratique suivante:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + \left(\frac{S_0}{2} \right) \times (\lambda - \lambda_0)^2$$

où τ_0 est le temps de propagation relatif minimal pour la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 .

21.2.3 Le coefficient de dispersion chromatique $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$ peut être déterminé à partir de l'expression quadratique dérivée:

$$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) \times S_0$$

où S_0 est la pente à dispersion nulle, c'est-à-dire la valeur de la pente de dispersion $S(\lambda) = dD/d\lambda$ pour λ_0 .

NOTE 1 Ces équations pour $\tau(\lambda)$ et $D(\lambda)$ sont suffisamment précises sur la plage allant de 1 500 nm à 1 600 nm. Elles ne sont pas destinées à être utilisées dans la zone 1 300 nm.

NOTE 2 Une autre solution consiste à mesurer directement le coefficient de dispersion chromatique, par exemple par la méthode de déphasage différentiel. Dans ce cas, une ligne droite peut être appliquée directement au coefficient de dispersion pour déterminer λ_0 et S_0 .

21.3 Fibres de catégorie B3

21.3.1 Ce paragraphe décrit l'ajustement numérique qui peut être appliqué aux valeurs du temps de propagation de groupe spectral normalisées $\tau(\lambda)$. Il s'applique aux fibres unimodales de catégorie B3.

21.3.2 L'ajustement à cinq termes des données du temps de propagation de groupe est le suivant:

$$\tau(\lambda) = A + B \times \lambda^2 + C \times \lambda^{-2} + D \times \lambda^4 + E \times \lambda^{-4}$$

où $\tau(\lambda)$ est le temps de propagation de groupe relatif en fonction de la longueur d'onde et

A à E sont les coefficients d'ajustement.

NOTE Les recherches ont démontré que, dans la pratique, le coefficient d'ajustement E est faible sur la plage de longueurs d'onde 1 200 nm à 1 600 nm. Par conséquent, il est également possible d'utiliser un ajustement simplifié à quatre termes:

$$\tau(\lambda) = A + B \times \lambda^2 + C \times \lambda^{-2} + D \times \lambda^4$$

21.3.3 La dispersion chromatique est obtenue par:

$$D(\lambda) = \frac{d\tau}{d\lambda} = 2B \times \lambda - 2C \times \lambda^{-3} + 4D \times \lambda^3 - 4E \times \lambda^{-5}$$

Pour l'ajustement simplifié à quatre termes:

$$D(\lambda) = 2B \times \lambda - 2C \times \lambda^{-3} + 4D \times \lambda^3$$

NOTE Ces équations sont suffisamment précises sur la plage allant de 1 200 nm à 1 600 nm.

21.2 Category B2 fibres

21.2.1 This subclause describes the numerical fit that can be applied to the normalized spectral group delay data $\tau(\lambda)$. It applies to category B2 single-mode fibres.

21.2.2 The measured group delay per unit fibre length versus wavelength shall be fitted by the quadratic expression:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 + \left(\frac{S_0}{2} \right) \times (\lambda - \lambda_0)^2$$

where τ_0 is the relative delay minimum at the zero-dispersion wavelength λ_0 .

21.2.3 The chromatic dispersion coefficient $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$ can be determined from the differentiated quadratic expression:

$$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) \times S_0$$

where S_0 is the zero-dispersion slope, i.e. the value of the dispersion slope $S(\lambda) = dD/d\lambda$ at λ_0 .

NOTE 1 These equations for $\tau(\lambda)$ and $D(\lambda)$ are sufficiently accurate over the 1 500 nm to 1 600 nm range. They are not meant to be used in the 1 300 nm region.

NOTE 2 Alternatively, the chromatic dispersion coefficient can be measured directly, for example by the differential phase shift method. In this case, a straight line is fitted directly to the dispersion coefficient for determining λ_0 and S_0 .

21.3 Category B3 fibres

21.3.1 This subclause describes the numerical fit that can be applied to the normalized spectral group delay data $\tau(\lambda)$. It applies to category B3 single-mode fibres.

21.3.2 The five-term delay data fit is:

$$\tau(\lambda) = A + B \times \lambda^2 + C \times \lambda^{-2} + D \times \lambda^4 + E \times \lambda^{-4}$$

where $\tau(\lambda)$ is the relative group delay versus wavelength and A to E are fit coefficients.

NOTE Investigations have shown that in practice the fit coefficient E will be small over the wavelength range 1 200 nm to 1 600 nm. Therefore, a simplified four-term fit can also be used

$$\tau(\lambda) = A + B \times \lambda^2 + C \times \lambda^{-2} + D \times \lambda^4$$

21.3.3 The chromatic dispersion is obtained by:

$$D(\lambda) = \frac{d\tau}{d\lambda} = 2B \times \lambda - 2C \times \lambda^{-3} + 4D \times \lambda^3 - 4E \times \lambda^{-5}$$

For the simplified four term fit:

$$D(\lambda) = 2B \times \lambda - 2C \times \lambda^{-3} + 4D \times \lambda^3$$

NOTE These equations are sufficiently accurate over the 1 200 nm to 1 600 nm range.

22 Méthode CEI 60793-1-C6 – Ouverture numérique – Répartition de la lumière en champ lointain

22.1 Définitions opérationnelles – Ouverture numérique

L'ouverture numérique (ON) d'une fibre multimodale à gradient d'indice est un paramètre important qui décrit la capacité de la fibre à capter la lumière. Il est utilisé pour prévoir l'efficacité de l'injection, les pertes aux épissures et la tenue aux microcourbures et à la courbure.

L'ON théorique maximale d'une fibre multimodale à gradient d'indice est définie selon:

$$ON_{th} = \sin \theta_m$$

où θ_m est le plus grand angle du rayon méridien pouvant être guidé par la fibre. En termes de profil d'indice de la fibre:

$$ON_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

ou

$$ON_{th} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

$$\text{où } \Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{pour } \Delta \ll 1$$

n_1 étant l'indice de réfraction maximal du cœur et n_2 est l'indice de réfraction de la gaine optique.

L'ON peut être déterminée à partir du diagramme de rayonnement en champ lointain mesuré sur une courte longueur de fibre ou à partir du profil d'indice de la fibre. En utilisant la méthode du champ lointain, on obtient le diagramme de l'intensité énergétique d'une fibre $I(\theta)$ et l' ON_{ff} est définie comme le sinus du demi-angle où cette intensité correspond à 5 % de sa valeur maximale.

La relation entre l'ouverture numérique en champ lointain, ON_{ff} , et l'ouverture numérique théorique maximale ON_{th} dépend également de la longueur d'onde utilisée lors des mesures en champ lointain et du profil d'indice. Le plus souvent, les mesures en champ lointain sont effectuées à 850 nm, tandis que les mesures du profil d'indice sont effectuées à 540 nm ou 633 nm. Pour ces longueurs d'onde, la relation entre ON_{ff} et ON_{th} est donnée par

$$ON_{ff} = k ON_{th} \quad (1)$$

où $k = 0,95$, si la mesure est faite à 540 nm et $k = 0,96$ si cette mesure est faite à 633 nm.

ON_{ff} à 850 nm sera l'ouverture numérique de la fibre. On peut obtenir directement cette valeur à partir d'une mesure en champ lointain à 850 nm ou, utilisant l'équation (1), indirectement à partir de la mesure du profil.

22.2 Méthode CEI 60793-1-C6 – Répartition de la lumière en champ lointain

Cette procédure d'essai décrit une méthode de mesure de la distribution (en champ lointain) angulaire de l'intensité énergétique. L'ouverture numérique d'une fibre optique multimodale peut être calculée à partir des résultats de cette mesure en utilisant l'équation donnant ON_{ff} en 22.1.

22 Method IEC 60793-1-C6 – Numerical aperture – Far field light distribution

22.1 Operational definitions – Numerical aperture

The numerical aperture (NA) of a graded index multimode fibre is an important parameter that describes the fibre's light gathering ability. It is used to predict launching efficiency, joint loss at splices, and micro/macrobending performance.

The maximum theoretical NA of a graded index multimode fibre is defined as:

$$NA_{th} = \sin \theta_m$$

where θ_m is the largest meridional ray angle that will be guided by the fibre. In terms of the fibre index profile:

$$NA_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

or

$$NA_{th} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

where $\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$ for $\Delta \ll 1$

n_1 being the maximum refractive index of the core and n_2 is the refractive index of the cladding.

NA can be determined from a far field radiation pattern measurement on a short length of fibre or from a measurement of a fibre's refractive index profile. Using the far field method, the intensity pattern $I(\theta)$ of a fibre is acquired and the NA_{ff} is defined as the sine of the half-angle where the intensity has decreased to 5 % of its maximum value.

The relationship between the far field numerical aperture NA_{ff} and the maximum theoretical numerical aperture NA_{th} is also dependent upon the measurement wavelength of the far field and profile measurements. Most far field measurements are made at 850 nm, whereas profile measurements are commonly made at 540 nm or 633 nm. For these wavelengths, the relationship between NA_{ff} and NA_{th} is given by:

$$NA_{ff} = k NA_{th} \quad (1)$$

where $k = 0,95$, when the profile measurement is made at 540 nm and $k = 0,96$ when the measurement is made at 633 nm.

NA_{ff} at 850 nm shall be reported as the fibre numerical aperture. This value may be obtained directly from a far field measurement at 850 nm or, using equation (1), indirectly from a profile measurement.

22.2 Method IEC 60793-1-C6 – Far field light distribution

This test procedure describes a method for measuring the angular radiant intensity (far field) distribution from an optical fibre. The numerical aperture of a multimode optical fibre can be calculated from the results of this measurement using the equation for NA_{ff} described in 22.1.

22.2.1 Appareillage – Dispositif d'injection

22.2.1.1 Source de lumière

Une source de lumière incohérente doit être utilisée de manière à obtenir sur toute la surface de l'extrémité de l'échantillon une radiance sensiblement constante (variation de moins de 10 % en intensité). Elle doit être stable en intensité énergétique et en position dans un intervalle de temps suffisant pour effectuer la mesure.

22.2.1.2 Optique d'entrée

Un système de composants optiques doit être utilisé pour créer une tache monochromatique (largeur totale à mi-hauteur du maximum d'amplitude < 100 nm) et de luminance sensiblement constante, d'un diamètre supérieur à celui de l'extrémité de l'échantillon à mesurer et d'ouverture numérique supérieure à celle de cet échantillon. Sauf spécification contraire, la longueur d'onde centrale doit être de $850 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$. Un moyen de vérifier l'alignement de l'extrémité devra être utilisé. On peut utiliser des filtres optiques pour limiter la largeur spectrale de la source.

22.2.1.3 Support de l'extrémité de la fibre et alignement

Un moyen de maintenir l'extrémité d'entrée de l'échantillon à mesurer doit permettre un positionnement stable et reproductible sans introduire de déformation significative de la fibre. Des dispositifs appropriés doivent être utilisés pour aligner la face d'entrée à la lumière injectée.

22.2.1.4 Extracteur de modes de gaine

Des moyens appropriés doivent permettre d'éliminer la transmission de lumière dans la gaine de l'échantillon à mesurer. Souvent, le revêtement de la fibre est suffisant pour jouer ce rôle. Autrement, il sera nécessaire d'utiliser un suppresseur de modes de gaine aux deux extrémités de l'échantillon.

22.2.2 Appareillage – Dispositif de sortie et détection

Trois méthodes équivalentes peuvent être utilisées pour détecter la distribution (en champ lointain) angulaire de l'intensité énergétique issue de l'échantillon à mesurer. Les méthodes A et B sont des balayages angulaires de diagramme en champ lointain, la méthode C consiste en un balayage de la transformée spatiale du diagramme angulaire de l'intensité (un détecteur à balayage de petite ou de grande surface peut être utilisé).

22.2.2.1 Balayage angulaire, méthode A (voir figure 32a)

22.2.2.1.1 Support de l'extrémité de sortie de la fibre et alignement

Un dispositif de support et d'alignement de l'extrémité de sortie de l'échantillon à mesurer doit être utilisé de telle sorte que la face de sortie de la fibre soit sur l'axe de rotation du détecteur optique et que l'axe de la fibre soit concourant avec cet axe de rotation.

Par exemple, un vé à succion monté sur un positionneur micrométrique X-Y-Z, avec un microscope permettant d'aligner l'extrémité de la fibre conviendrait. Sont donnés à titre d'exemple un goniomètre ou une platine de rotation entraînée par un moteur pas-à-pas.

22.2.2.1.2 Mécanisme du dispositif de détection

Des dispositifs appropriés pour la rotation du détecteur optique doivent être utilisés de telle sorte que le détecteur décrive un arc suffisant pour couvrir pratiquement l'angle de rayonnement issu de l'échantillon en essai (par exemple un goniomètre calibré). L'axe de rotation du mécanisme doit être situé dans la face d'extrémité de l'échantillon en essai et doit être perpendiculaire à l'axe de l'échantillon en essai, et le plan de rotation du mécanisme doit contenir l'axe de l'échantillon.

22.2.1 Apparatus – Input system

22.2.1.1 Light source

An incoherent light source capable of producing an area of substantially constant radiance (variations of less than 10 % in intensity) on the endface of the test sample shall be used. It shall be stable in intensity and position over a time interval sufficient to perform the measurement.

22.2.1.2 Input optics

A system of optical components shall be used to create a monochromatic (<100 nm full width half maximum) substantially constant radiance spot larger in diameter than the endface of the test sample and with a numerical aperture greater than that of the test sample. Unless otherwise specified, the centre wavelength shall be $850\text{ nm} \pm 25\text{ nm}$. A means of verifying the alignment of the endface shall be provided. Optical filters may be used to limit the spectral width of the source.

22.2.1.3 Fibre input end support and alignment

A means of supporting the input end of the test sample shall be arranged to allow stable and repeatable positioning without introducing significant fibre deformation. Suitable means shall be provided to align the input endface with respect to the launch radiation.

22.2.1.4 Cladding mode stripper

Means shall be provided to remove cladding light from the test sample. Often the fibre coating is sufficient to perform this function. Otherwise, it will be necessary to use cladding mode strippers near both ends of the test sample.

22.2.2 Apparatus – Output system and detection

Three equivalent methods may be used to detect the angular radiant intensity (far field) distribution from the test sample. Methods A and B are angular scans of the far field pattern; method C is a scan of the spatial transform of the angular intensity pattern. (A small or large area scanning detector may be used.)

22.2.2.1 Angular scan, method A (see figure 32a)

22.2.2.1.1 Fibre output end support and alignment

A means of supporting and aligning the output end of the test sample shall be used which allows alignment of the endface normal to and coincident with the axis of rotation of the optical detector.

For example a vacuum chuck mounted on X-Y-Z micropositioners, with a microscope fixture for aligning the fibre end would be suitable. Examples include a goniometer or stepper-motor driven rotational stage.

22.2.2.1.2 Detection system mechanics

Suitable means for rotation of the optical detector shall be employed that allow the detector to scan an arc sufficient to detect essentially all output radiation from the test sample (for example, a calibrated goniometer). The axis of rotation of the mechanism shall intercept the endface of the test sample and shall be perpendicular to the test sample axis, and the rotation plane of the mechanism shall contain the axis of the specimen.

22.2.2.2 Balayage angulaire, méthode B (voir figure 32b)

L'échantillon en essai doit être maintenu de telle sorte que la face de sortie du détecteur soit sur l'axe de rotation de la fibre optique et que l'axe du détecteur soit concourant avec l'axe de rotation. Ce mécanisme (par exemple goniomètre ou platine de rotation de précision) doit décrire un arc suffisant de telle sorte que tout le rayonnement issu de la sortie de l'échantillon en essai balaye le détecteur fixe. Cela signifie que l'angle de rotation doit être supérieur à l'angle total du rayonnement à la sortie de l'échantillon en essai. L'angle formé par l'axe de l'échantillon et la ligne imaginaire joignant le détecteur et la face de sortie de l'échantillon doit être enregistré.

22.2.2.3 Balayage du diagramme du champ spatial, méthode C (voir figure 32c)

22.2.2.3.1 Support de l'extrémité de la fibre

Un dispositif approprié maintenant et alignant l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai et permettant un positionnement stable et reproductible doit être utilisé.

22.2.2.3.2 Transformation en champ lointain et projection

Une représentation spatiale du champ lointain de l'échantillon en essai doit être effectuée à l'aide de dispositifs appropriés, par exemple en utilisant un objectif de microscope ou d'autres objectifs bien corrigés pour obtenir la transformée de Fourier du diagramme de sortie de la fibre en champ proche.

Ce diagramme ou son image doit être analysé à l'aide d'un détecteur diaphragmé de façon à enregistrer l'intensité énergétique du champ lointain. Le diamètre du diaphragme doit être inférieur ou égal à la moitié de la limite de diffraction du système:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2 D}$$

où

d est le diamètre du diaphragme (μm);

λ est la longueur d'onde spectrale issue de la fibre (nm);

f est la distance focale de l'objectif de transformation (mm);

D est le diamètre du cœur de la fibre (μm);

M est le grandissement du plan focal arrière de l'objectif de transformation au plan d'analyse.

Il convient que l'ouverture numérique de l'objectif L_1 soit assez grande pour ne pas limiter l'ouverture numérique de l'échantillon (fibre).

Dans le cas où le diagramme en champ lointain est fourni par un objectif, il convient de prendre soin que, en particulier pour les grandes ouvertures, le diamètre D_{12} de l'objectif relais L_2 soit suffisamment grand pour éviter un assombrissement à la périphérie:

$$D_{12} > 2 f \tan \phi$$

où $\sin \phi$ est l'ouverture numérique, ON.

22.2.2.3.3 Dispositif d'analyse

Une méthode d'analyse du diagramme en champ lointain en fonction du détecteur diaphragmé doit être utilisée.

22.2.2.2 Angular scan, method B (see figure 32b)

A means of supporting the test sample shall be employed such that the output endface is perpendicular to and coincident with the axis of rotation of the test sample. This mechanism (e.g. goniometer or precision rotating stage) shall rotate sufficiently to allow all test sample output radiation in the plane of rotation to sweep past the fixed detector. That is, the rotation shall be greater than the total angle of the test sample output radiation. Means shall be provided to record the included angle formed by the specimen axis and the imaginary line between the detector and specimen endface.

22.2.2.3 Scan of the spatial field pattern, method C (see figure 32c)

22.2.2.3.1 Fibre output end support apparatus

A means of supporting and aligning the test sample output end shall be provided which allows stable and repeatable positioning.

22.2.2.3.2 Far field transformation and projection

A spatial representation of the far field of the test sample shall be created by suitable means, for example by using a microscope objective or other well-corrected lens to obtain the Fourier transform of the fibre output near field pattern.

This pattern or its image shall be scanned with respect to a pinhole aperture and detector so as to enable the far field intensity to be recorded. The size of the pinhole aperture shall be less than or equal to one half of the diffraction limit of the system:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D}$$

where

d is the diameter of the pinhole (μm);

λ is the spectral wavelength emitted from the fibre (nm);

f is the focal length of the transform lens (mm);

D is the fibre core diameter (μm);

M is the magnification from the back focal plane of the transforming lens to the scanning plane.

The numerical aperture of the lens L_1 should be big enough so as not to limit the numerical aperture of the specimen (fibre).

In the case that the far-field pattern is represented by a lens, care should be taken that especially for high apertures the diameter D_{12} of the relay lens L_2 is sufficiently big to avoid darkening at the periphery:

$$D_{12} > 2 f \tan \phi$$

where $\sin \phi$ is the numerical aperture, NA.

22.2.2.3.3 Scanning system

A method of scanning the far field pattern with respect to the pinhole aperture and detector shall be provided.

22.2.2.3.4 Calibrage de dispositif

Un calibrage doit être fait dans le but de mesurer le facteur de *conversion* donnant le déplacement du dispositif d'analyse en fonction du déplacement réel du balayage dans le plan focal arrière de l'objectif de transformation en champ lointain. Une mire calibrée, soigneusement placée dans le plan focal arrière de L_1 peut être utilisée à cet effet.

En outre, la relation entre la position de l'analyseur dans le plan de transformation spatiale (le plan focal arrière de L_1 dans la figure 32c) et l'angle d'émission θ par rapport à l'axe de sortie de l'échantillon doit être déterminée selon:

$$y = f \sin \theta$$

où

y est la distance de l'axe d'optique au plan de transformation spatiale;

f est la distance focale de l'objectif de transformation L_1 ;

θ est l'angle par rapport à l'axe optique.

22.2.2.3.5 Système d'enregistrement

Un dispositif approprié doit permettre d'enregistrer $E(y)$, l'intensité énergétique détectée en fonction de la position y de l'analyseur, et d'effectuer la correction de l'intensité énergétique détectée par:

$$I(\theta) = E(y) \cos \theta$$

où

$I(\theta)$ est la distribution de l'intensité énergétique angulaire détectée par l'analyseur angulaire;

y est la distance du détecteur diaphragmé à l'axe optique;

$E(y)$ est la radiance à la distance y de l'axe optique;

θ est l'angle par rapport à l'axe de l'échantillon.

22.2.2.4 Détecteur optique

Il doit être utilisé un détecteur d'une linéarité supérieure à 5 % dans l'intervalle de mesure des intensités énergétiques rencontrées. Un diaphragme peut être utilisé pour restreindre la taille effective du détecteur dans le but d'améliorer la résolution. Le détecteur ou le diamètre du diaphragme peuvent être déterminés à partir de la résolution angulaire désirée selon la formule:

$$D = \frac{\theta R}{0,006}$$

où

D est le diamètre de l'ouverture du détecteur, en micromètres;

θ est la résolution angulaire désirée, en degrés;

R est la distance de l'extrémité de sortie de l'échantillon au détecteur ou au diaphragme, en centimètres.

22.2.2.3.4 System calibration

A calibration shall be performed to measure the conversion factor that relates the distance of movement of the scanning system to the actual distance scanned in the back focal plane of the far field transforming lens. A pattern of known dimensions, carefully placed in the back focal plane L_1 , can be used for this purpose.

In addition, the factor that relates the scan position in the spatial transformation plane (the back focal plane of L_1 in figure 32c) to emission angle θ with respect to the specimen output end axis shall be determined as:

$$y = f \sin \theta$$

where

y is the distance from the central axis to the spatial plane;

f is the focal length of the transform lens L_1 ;

θ is the angle with respect to the optical axis.

22.2.2.3.5 Recording system

Means shall be provided to record $E(y)$, the detected intensity as a function of the scan position y , and to correct the detected intensity as follows:

$$I(\theta) = E(y) \cos \theta$$

where

$I(\theta)$ is the angular intensity distribution as detected by the angular scan lens;

y is the distance from the axis of the spatial field pattern;

$E(y)$ is the irradiance at distance y from the axis of the spatial pattern;

θ is the angle with respect to the axis of the specimen output.

22.2.2.4 Optical detector

A detector that is linear within 5 % over the range of intensity encountered shall be used. A pinhole aperture may be used to restrict the effective size of the detector in order to achieve increased resolution. The detector or aperture size can be determined according to the angular resolution that is desired for the apparatus according to the formula:

$$D = \frac{\theta R}{0,006}$$

where

D is the detector aperture diameter, in micrometres;

θ is the desired angular resolution, in degrees;

R is the distance from the sample output endface to the detector or aperture, in centimetres.

Une résolution de $\leq 0,5^\circ$ est habituellement utilisée. R doit aussi satisfaire aux prescriptions de champ lointain:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (R \text{ en millimètres})$$

où

d est le diamètre de la région émettrice de l'échantillon en essai, en micromètres;

λ est la longueur d'onde centrale de la source optique, en nanomètres.

Le diamètre approprié du diaphragme ou du détecteur pour la méthode C est donné en 22.2.2.3.2.

22.2.3 Echantillon en essai

L'échantillon en essai d'une longueur de $2,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ doit être représentatif de la fibre. Les extrémités de l'échantillon en essai doivent être lisses, planes et perpendiculaires à l'axe de la fibre. La précision de ces mesures est affectée par la non perpendicularité de la face de sortie. Des angles d'extrémité inférieurs à 2° sont recommandés.

22.2.4 Procédure de mesure

22.2.4.1 Placer les extrémités de l'échantillon dans les supports. La face d'entrée de l'échantillon sera approximativement au centre de la tâche image à luminance constante.

22.2.4.2 Régler la source optique à la longueur d'onde et à la largeur spectrale voulues.

22.2.4.3 Analyser le diagramme de rayonnement en champ lointain le long d'un diamètre et enregistrer l'intensité énergétique en fonction de la position angulaire.

22.2.5 Calculs

22.2.5.1 Angle de l'intensité à 5 % (θ_5)

Le diagramme analysé doit être normalisé par rapport à la valeur de crête. Les points du diagramme pour lesquels l'intensité est de 5 % du maximum doivent être relevés. Le demi-angle entre ces deux points doit être enregistré comme étant θ_5 .

22.2.5.2 Ouverture numérique (ON_{ff})

L'ouverture numérique en champ lointain peut être calculée en utilisant la formule:

$$ON_{ff} = \sin \theta_5$$

22.2.6 Résultats

22.2.6.1 Les informations suivantes doivent être indiquées:

- date de la mesure;
- identification de l'échantillon mesuré;
- résultats de mesures obtenus selon 22.2.5;
- longueur d'onde de la source, si elle est différente de 850 nm;
- humidité relative et température ambiante.

A resolution of $\leq 0,5^\circ$ is typically used. R shall also meet the far field requirement:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (R \text{ in millimetres})$$

where

d is the diameter of the emitting region of the test sample, in micrometres,

λ is the centre wavelength of the optical source in nanometres.

The appropriate detector or aperture size for method C is given in 22.2.2.3.2.

22.2.3 Test sample

The test sample shall be a representative sample of fibre $2,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ in length. The ends of the test sample shall be prepared smooth, flat and perpendicular to the fibre axis. The accuracy of these measurements is affected by a non-perpendicular endface. End angles less than 2° are recommended.

22.2.4 Test procedure

22.2.4.1 Place the test sample ends in the support devices. The input end shall be approximately at the centre of the input place of the focused image of the constant radiance spot.

22.2.4.2 Set the optical source to the desired wavelength and spectral width.

22.2.4.3 Scan the far field radiation pattern along a diameter and record intensity versus angular position.

22.2.5 Calculations

22.2.5.1 Five percent intensity angle (θ_5)

The scanned pattern shall be normalized to the peak intensity. The points on the pattern at which the intensity is 5 % of the maximum shall be noted. Half the angle between these points shall be recorded as θ_5 .

22.2.5.2 Numerical aperture (NA_{ff})

The far field numerical aperture may be calculated using the following formula:

$$NA_{ff} = \sin \theta_5$$

22.2.6 Results

22.2.6.1 The following information shall be reported:

- test date;
- test sample identification;
- test results obtained in clause 22.2.5;
- source wavelength, if other than 850 nm;
- relative humidity and ambient temperature.

22.2.6.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- longueur d'onde centrale et largeur spectrale des filtres interférentiels, s'ils sont utilisés;
- calibration du dispositif de détection et résolution angulaire;
- dimension et ouverture numérique de la tache lumineuse émise;
- méthode de suppression des modes de gaine;
- méthode de balayage utilisée selon 22.2.2.

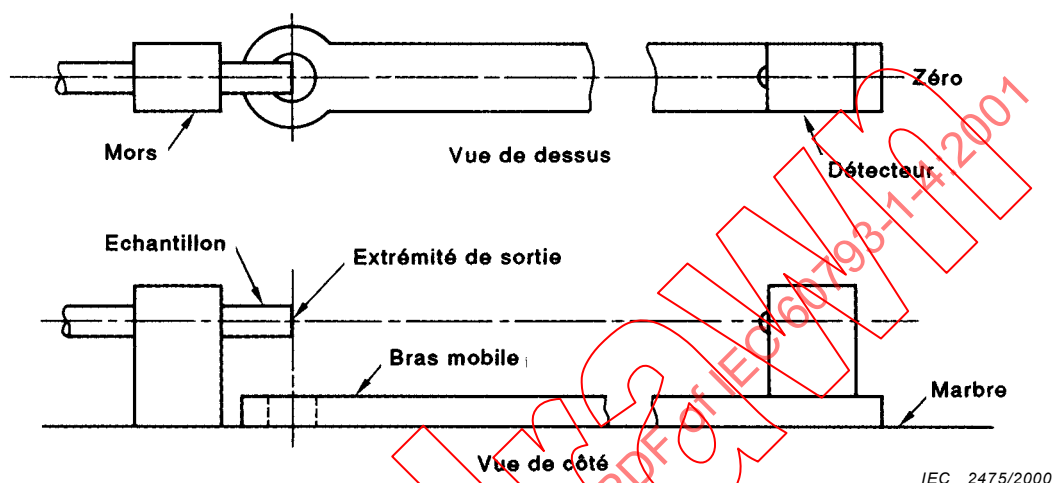


Figure 32a – Méthode A

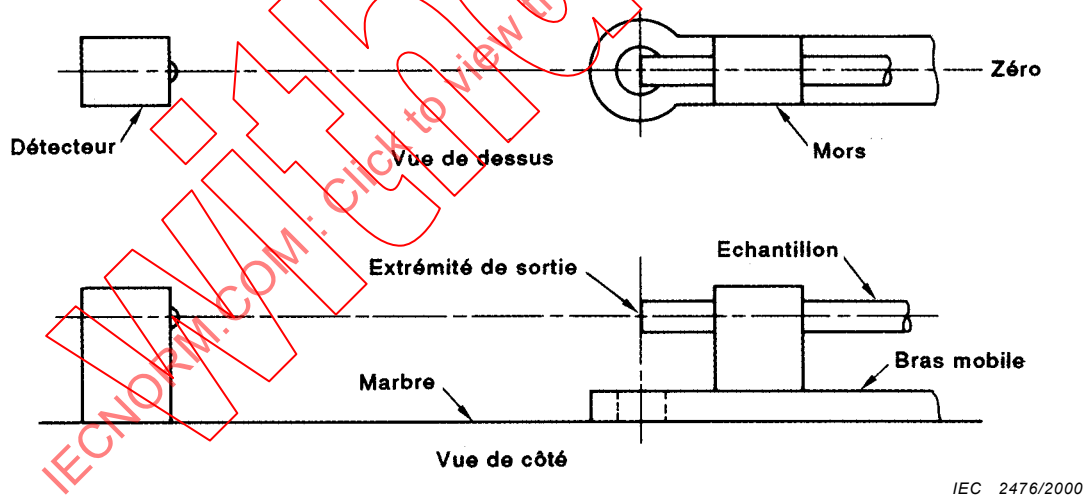


Figure 32b – Méthode B

22.2.6.2 The following information shall be available:

- centre wavelength and spectral width of interference filters, if used;
- detection system calibration and angular resolution;
- size and numerical aperture of launch spot;
- method of stripping cladding modes;
- scanning method used in 22.2.2.

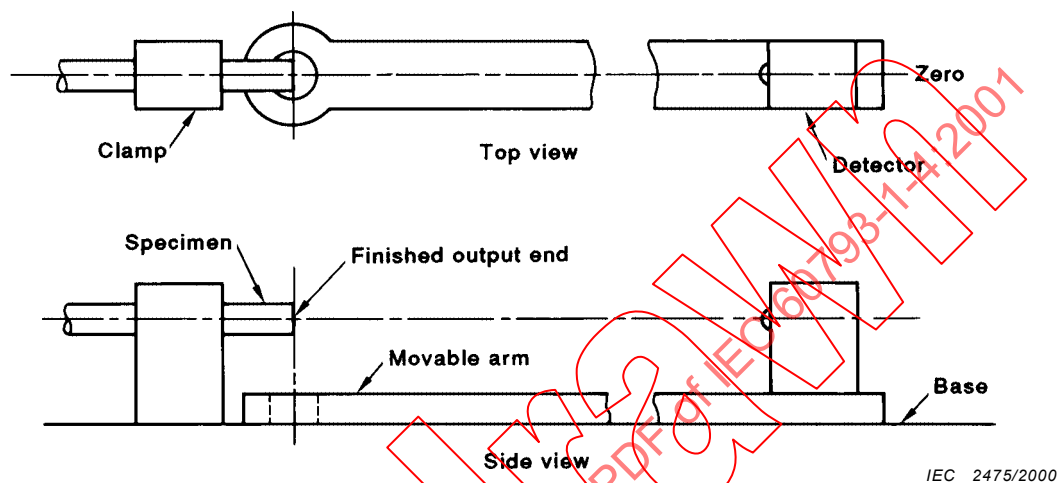


Figure 32a – Method A

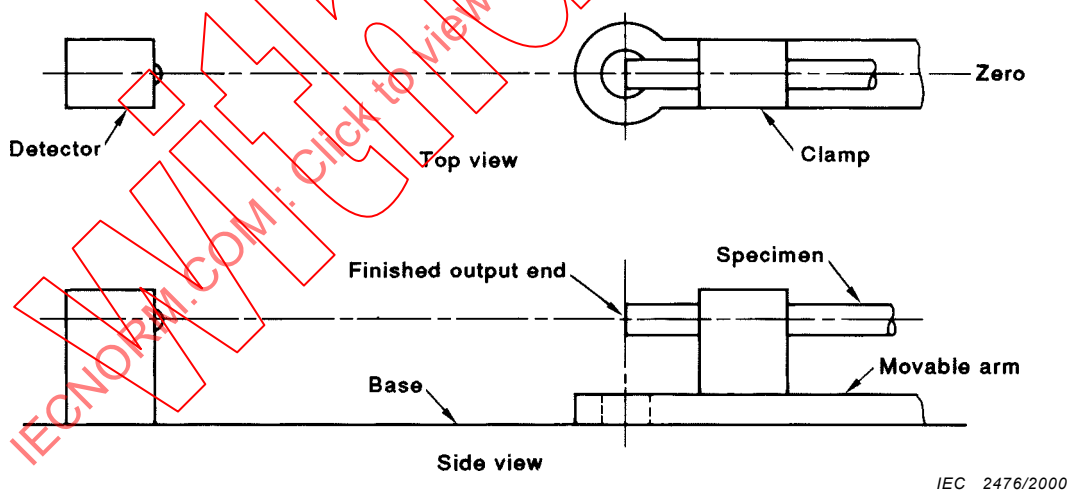
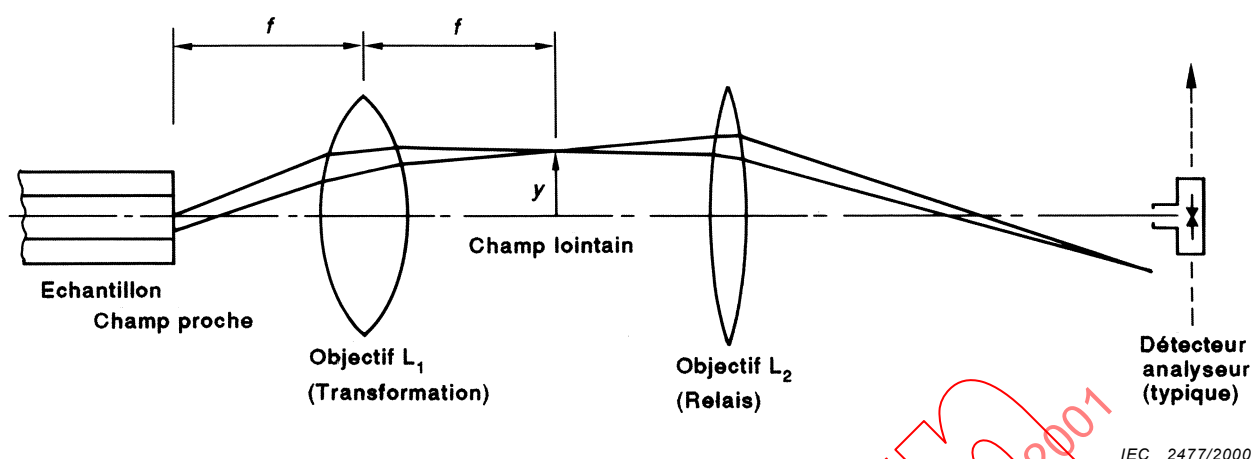


Figure 32b – Method B



IEC 2477/2000

Figure 32c – Méthode C

23 Longueur d'onde de coupure

La longueur d'onde de coupure est la longueur d'onde supérieure à la longueur d'onde au-delà de laquelle le mode de second ordre LP_{11} cesse d'être un mode guidé, dans tous les sens possibles du terme.

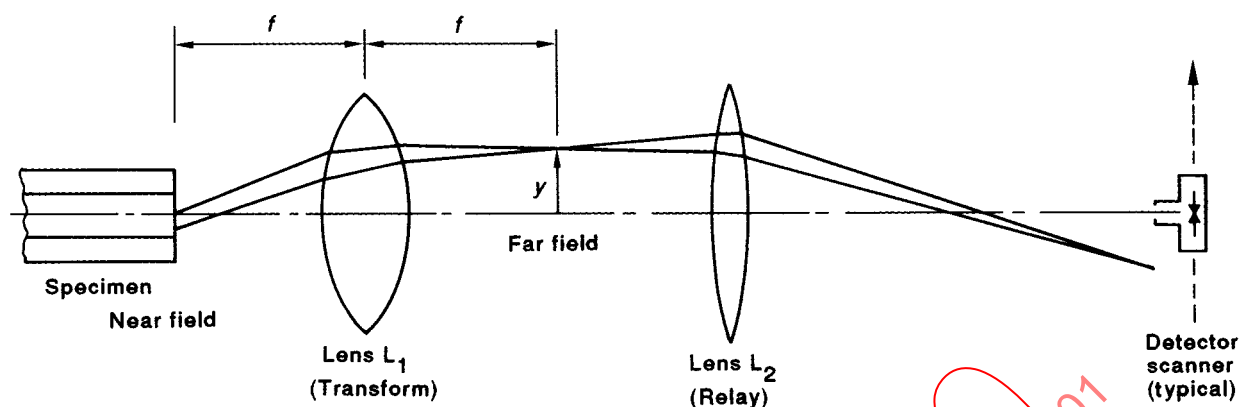
24 Méthode CEI 60793-1-C7 – Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre unimodale

24.1 Objet

La longueur d'onde de coupure théorique est la plus petite longueur d'onde à laquelle le mode fondamental peut se propager dans une fibre unimodale, telle que calculée à partir du profil d'indice de réfraction de la fibre. A des longueurs d'onde inférieures à la longueur d'onde de coupure théorique, plusieurs modes se propagent et la fibre n'est plus unimodale mais multimodale.

Dans les fibres optiques, le passage du comportement multimodal au comportement unimodal n'intervient pas à une longueur d'onde isolée, mais se fait plutôt en douceur, dans une gamme de longueurs d'onde. Par conséquent, pour déterminer le fonctionnement d'une fibre dans un réseau de télécommunications, la longueur d'onde de coupure théorique est moins utile que la valeur effectivement mesurée lorsque la fibre est déployée.

La longueur d'onde de coupure mesurée est définie comme la longueur d'onde supérieure à celle où le rapport entre la puissance totale, y compris pour les modes d'ordre supérieur injectés, et la puissance du mode fondamental a décru jusqu'à moins de 0,1 dB. Suivant cette définition, le mode de second ordre (LP_{11}) supporte un affaiblissement supérieur de 19,3 dB à celui du mode fondamental (LP_{01}).



IEC 2477/2000

Figure 32c – Method C

23 Cut-off wavelength

The cut-off wavelength is the wavelength greater than the wavelength at which the second order LP_{11} mode ceases to be a bound mode in any practical sense.

24 Method IEC 60793-1-C7 – Cut-off wavelength measurement of single-mode fibre

24.1 Object

The theoretical cut-off wavelength is the shortest wavelength at which the fundamental mode can propagate in a single-mode fibre as computed from the refractive index profile of the fibre. At wavelengths below the theoretical cut-off wavelength, several modes propagate and the fibre is no longer single-mode but multimode.

In optical fibres, the change from multimode to single-mode behaviour does not occur at an isolated wavelength, but rather smoothly over a range of wavelengths. Consequently, for determining fibre performance in a telecommunications network, the theoretical cut-off wavelength is less useful than the value actually measured when the fibre is deployed.

The measured cut-off wavelength is defined as the wavelength greater than the wavelength at which the ratio between the total power, including launched higher order modes, and the fundamental mode power has decreased to less than 0,1 dB. According to this definition, the second order (LP_{11}) mode undergoes 19,3 dB more attenuation than the fundamental (LP_{01}) mode.

Puisque la longueur d'onde de coupure mesurée dépend de la longueur et des courbures de la fibre, la valeur résultante de la longueur d'onde de coupure dépend de la configuration de la fibre mesurée, c'est-à-dire si la fibre est mesurée dans des conditions de déploiement en câble ou si elle est courte et non câblée. Par conséquent, il y a trois types de longueurs d'onde de coupure:

- longueur d'onde de coupure en câble λ_{cc} : la longueur d'onde de coupure en câble est mesurée en condition de déploiement de fibre câblée;
- longueur d'onde de coupure de la fibre λ_c : la longueur d'onde de coupure de la fibre est mesurée sur une courte longueur de fibre non câblée revêtue de son revêtement primaire;
- longueur d'onde de coupure de cordon λ_{cj} : la longueur d'onde de coupure de cordon est mesurée sur une faible longueur de cordon déployée avec une seule boucle.

24.2 Description

La méthode utilisée doit être la technique de la puissance transmise, qui mesure la variation de la puissance transmise d'une fibre en essai comparée à la puissance transmise lors d'un balayage en longueur d'onde de référence. Le balayage de référence est utilisé pour normaliser les fluctuations dépendant de la longueur d'onde dans l'équipement de mesure de façon que l'affaiblissement du mode LP_{11} dans l'échantillon en essai puisse être convenablement caractérisé et la longueur d'onde de coupure déterminée avec précision.

Deux techniques sont utilisées pour obtenir ce balayage de référence:

- a) l'échantillon en essai avec une courbure supplémentaire de rayon inférieur – méthode A;
- b) une fibre multimodale – méthode B.

La présente méthode d'essai décrit les procédures pour la détermination de la longueur d'onde de coupure d'un échantillon de fibre en condition non câblée (λ_c), dans un câble (λ_{cc}) ou comme un cordon (λ_{cj}). Il existe donc trois configurations par défaut. Toute configuration différente sera donnée dans la spécification particulière. La présente méthode s'applique à tous les types de fibres B.

La longueur d'onde de coupure de la fibre (λ_c) mesurée selon les conditions standards de longueur et de courbure décrites ici, présentera généralement une valeur plus grande que λ_{cc} . Pour les câbles courts, par exemple queues de cochon et jarretières, ayant une longueur inférieure (et éventuellement un rayon de courbure supérieur) à ce qui est décrit dans la présente méthode, le câble peut devenir multimodal lorsque les longueurs d'onde dépassent λ_{cc} . Dans le cas de câbles d'une longueur inférieure à ce qui est décrit dans la mesure de la longueur d'onde de coupure de la fibre, le câble peut devenir multimodal lorsque les longueurs d'onde dépassent λ_c . Pour des portées normales de câble installé, il est courant que la valeur mesurée de λ_c dépasse la longueur d'onde de transmission du système et alors la longueur d'onde de coupure en câble est la plus utile description du fonctionnement et des capacités du système.

La coupure du cordon se produira généralement à une valeur comprise entre la longueur d'onde de coupure de câble et celle de la fibre. La valeur λ_{cj} est affectée par la construction du cordon de manière plus importante que λ_{cc} ne l'est par le câble de transmission normal. Le choix du rayon de courbure affectera également le résultat. Il convient que le rayon de courbure soit spécifié comme étant similaire à la condition de déploiement sur le terrain. La longueur d'onde de coupure de cordon peut être spécifiée pour une construction particulière, pour des applications utilisant des longueurs comprises entre la longueur de mesure spécifiée et 20 m, et pour l'application de rayons de courbure supérieurs au rayon de courbure de mesure spécifié.

Because the measured cut-off wavelength depends on the length and bends of the fibre, the resulting value of the cut-off wavelength depends on whether the measured fibre is configured in a deployed cabled condition, or whether the fibre is short and uncabled. Consequently, there are three types of cut-off wavelength:

- cable cut-off wavelength λ_{cc} : the cable cut-off wavelength is measured in a cabled fibre deployment condition;
- fibre cut-off wavelength λ_c : the fibre cut-off wavelength is measured on a short length of uncabled primary-coated fibre;
- jumper cable cut-off wavelength λ_{cj} : the jumper cable cut-off wavelength is measured on a short length of jumper cable deployed with a single loop.

24.2 Description

The method used shall be the transmitted power technique, which measures the variation with wavelength of the transmitted power of a test fibre compared to a reference transmitted power wavelength scan. The reference scan is used to normalize wavelength dependent fluctuations in the measurement equipment so that the attenuation of the LP_{11} mode in the test sample can be properly characterized and the cut-off wavelength precisely determined.

Two techniques are used to obtain this reference scan:

- a) the test sample with an additional smaller radius fibre bend – method A;
- b) a multimode fibre – method B.

This test method describes procedures for determining the cut-off wavelength of a sample fibre in either an uncabled condition (λ_c), in a cable (λ_{cc}) or as a jumper cable (λ_{cj}). Three default configurations are given here: any different configuration will be given in the detail specification. This method applies to all B fibre types.

The fibre cut-off wavelength (λ_c), measured under the standard length and bend conditions described herein, will generally exhibit a value larger than λ_{cc} . For short cables, e.g. pigtail and jumper cables, with a length shorter (and possibly a bending radius larger) than described in this method, the cable may become multimode at larger wavelengths than λ_{cc} . In case the cable length is even shorter than described in the fibre cut-off wavelength measurement, the cable can become multimode at wavelengths larger than λ_c . For normal installed cable spans, it is common for the measured λ_c value to exceed the system transmission wavelength, and thus the cable cut-off wavelength is the more useful description of the system performance and capability.

The jumper cable cut-off wavelength will generally occur at a value between cable cut-off wavelength and fibre cut-off wavelength. The value λ_{cj} is affected by the jumper cable construction to a greater degree than λ_{cc} is affected by regular transmission cable. The choice of bend radius will also affect the result. The bend radius should be specified to be similar to the field deployment condition. The jumper cable cut-off wavelength can be specified for a particular construction, for applications using lengths between the specified measurement length and 20 m, and for application bend radii greater than the specified measurement bend radius.

24.3 Appareillage

24.3.1 Source lumineuse

On doit utiliser une source de lumière blanche filtrée, dont la largeur de raie ne dépasse pas 10 nm, stable en position et en intensité, et capable de fonctionner sur toute la plage de longueurs d'onde comprises entre 1 000 nm et 1 600 nm.

24.3.2 Modulation

La source lumineuse doit être modulée pour empêcher la lumière ambiante de fausser les résultats et pour aider à la restitution du signal. Un échantillonneur mécanique muni d'une sortie de référence constitue un arrangement convenable.

24.3.3 Dispositif optique d'injection

Un dispositif optique d'injection, tel qu'un système de lentilles ou une fibre multimodale, doit être utilisé pour saturer l'échantillon en essai sur toute la plage des longueurs d'onde d'essai. Cette injection est relativement insensible à la position de l'extrémité d'entrée de la fibre unimodale et elle est suffisante pour exciter le mode fondamental et tous les modes d'ordre supérieur dans l'échantillon en essai. Si une épissure en bout à bout est utilisée, il est recommandé de prévoir un moyen permettant d'éviter les phénomènes d'interférence.

Lorsqu'une fibre multimodale est utilisée, la saturation de la fibre de référence peut engendrer un phénomène indésirable d'ondulation dans le spectre de transmission de puissance. Il est recommandé de limiter suffisamment l'injection pour éviter le phénomène d'ondulation. La méthode CEI 60793-1-C1A donne un exemple d'injection limitée. Un filtre de mode à mandrin ayant une perte d'insertion suffisante (environ 4 dB) constitue un autre exemple d'injection limitée.

24.3.4 Appareillage de maintien et de positionnement

Il est recommandé de maintenir de façon stable les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai pendant toute la durée de l'essai; il est permis d'utiliser des dispositifs tels qu'un mandrin à succion, un mandrin magnétique ou des connecteurs. Il est recommandé de maintenir les extrémités de la fibre afin de pouvoir les positionner, de façon répétitive, dans le dispositif optique d'injection et de détection. Lors de la mesure de λ_{cc} selon la configuration 1 (voir 24.4.1), on doit fournir un moyen permettant de maintenir correctement les extrémités du câble.

24.3.5 Extracteur des modes de gaine

Il est recommandé de supprimer la puissance des modes de gaine de l'échantillon en essai. Dans certaines circonstances, le revêtement de la fibre remplira cette fonction; si tel n'est pas le cas, il est recommandé d'utiliser des méthodes ou des dispositifs qui permettent l'extraction de la puissance des modes de gaine aux extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai.

24.3.6 Dispositif optique de détection

Il est recommandé de coupler toutes les puissances optiques transmises par l'échantillon en essai sur la zone active du détecteur. Il est possible d'utiliser, par exemple, un système de lentilles optiques, une épissure en bout à bout avec la fibre amorcée multimodale reliée à un détecteur, ou un couplage direct.

24.3 Apparatus

24.3.1 Light source

A filtered white light source, with line width not greater than 10 nm, stable in position and intensity, and capable of operation over the wavelength range 1 000 nm to 1 600 nm shall be used.

24.3.2 Modulation

The light source shall be modulated to prevent ambient light from affecting the results and to aid in signal recovery. A mechanical chopper with a reference output is a suitable arrangement.

24.3.3 Launch optics

The launch optics, such as a lens system or a multimode fibre, shall be used to overfill the test sample over the full range of test wavelengths. This launch is relatively insensitive to the input endface position of the single-mode fibre and is sufficient to excite the fundamental and any higher order modes in the test sample. If a butt splice is used, means should be provided to avoid interference effects.

When a multimode fibre is used, overfilling the reference fibre can produce an undesired ripple effect in the power transmission spectrum. The launch should be restricted sufficiently to eliminate the ripple effect. One example of a restricted launch is in method IEC 60793-1-C1A. Another example of a restricted launch is a mandrel wrap mode filter with sufficient (approximately 4 dB) insertion loss.

24.3.4 Support and positioning apparatus

The input and output ends of the test sample should be supported in a stable manner for the duration of the test; means such as vacuum chucks, magnetic chucks, or connectors may be used. The fibre ends should be supported such that they can be repeatedly positioned in the launch and detect optics. When measuring λ_{cc} in configuration 1 (see 24.4.1), a means for suitably supporting the cable ends needs to be provided.

24.3.5 Cladding mode stripper

Cladding power should be removed from the test sample. Under some circumstances, the fibre coating will perform this function; otherwise, methods or devices should be used that extract cladding mode power at the input and output ends of the test sample.

24.3.6 Detection optics

All power emitted from the test sample should be coupled on to the active region of the detector. As examples, an optical lens system, a butt splice with a multimode fibre pigtailed to a detector, or direct coupling may be used.

24.3.7 Détecteur et dispositif électronique de détection

Il est recommandé d'utiliser un détecteur sensible sur toute la plage des longueurs d'onde utilisées et linéaire sur toute la plage des intensités rencontrées. Un système typique peut comporter une photodiode au Ge ou au InGaAs à mode photovoltaïque et un préamplificateur d'entrée de courant, avec une détection synchrone assurée par un amplificateur à verrouillage et par un dispositif échantillonneur optique. Généralement, un système comporte un calculateur destiné à l'acquisition et à l'analyse des données.

24.4 Echantillon en essai

L'échantillon d'essai est choisi en fonction du paramètre, λ_c , λ_{cc} ou λ_{cj} qui est mesuré.

Pour mesurer la longueur d'onde de coupure en câble λ_{cc} l'échantillon en essai est une longueur de fibre optique unimodale déployée dans l'une des deux configurations par défaut, décrites en 24.4.1 et 24.4.2, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Pour mesurer la longueur d'onde de coupure de la fibre λ_c l'échantillon en essai est une longueur de fibre de 2 m ($\pm 0,2$ m) déployée selon 24.4.3.

Pour mesurer la longueur d'onde de coupure de cordon λ_{cj} l'échantillon d'essai est une longueur de cordon de 2 m $\pm 0,2$ m déployée conformément à 24.4.5.

Il est possible d'utiliser d'autres configurations s'il est démontré que les résultats empiriques ne varient pas de plus de 10 nm ou qu'ils sont supérieurs à ceux obtenus avec les configurations de l'échantillon.

Préparer des faces planes aux extrémités d'entrée et de sortie de chaque échantillon de fibre en essai.

24.4.1 Longueur d'onde de coupure en câble, échantillon en essai – configuration 1

Comme illustré à la figure 33, un câble d'une longueur totale de 22 m doit être préparé en décâblant 1 m de fibre à chaque extrémité. La partie centrale restante de 20 m de câble gainé doit être déployée de façon suffisamment droite pour que le déploiement n'ait pas d'effet significatif sur les résultats. Pour simuler les effets des organisateurs d'épissure, une boucle de 80 mm de diamètre doit être appliquée à chaque portion décâblée de 1 m des extrémités de la fibre. Cette configuration donne la longueur d'onde de coupure en câble λ_{cc} .

24.4.2 Longueur d'onde de coupure en câble, échantillon en essai – configuration 2

Comme illustré à la figure 34, une fibre non câblée d'une longueur totale de 22 m doit être enroulée en une boucle d'au moins 140 mm de rayon, de façon à simuler au mieux les phénomènes de câblage. Pour simuler les effets des organisateurs d'épissure, une boucle de 80 mm de diamètre doit être faite à moins de 1 m de chaque extrémité. Puisque λ_{cc} est spécifiée comme valeur maximale, cette méthode est suffisante pour assurer la conformité à la spécification parce que tout autre effet lié au câblage, à l'installation et au déploiement peut uniquement réduire davantage la valeur de la longueur d'onde de coupure en câble.

24.4.3 Configuration de l'échantillon d'essai de longueur d'onde de coupure de la fibre

La fibre doit être courbée en une boucle lâche qui constitue un tour complet d'un cercle de 140 mm de rayon. En variante, la boucle dans la fibre peut se composer de deux arcs de cercle (de 180° chacun), de 140 mm de rayon, reliés par des tangentes. Ce montage est illustré à la figure 35, où le mandrin semi-circulaire inférieur peut se déplacer pour enrouler toute fibre lâche sans pour cela nécessiter le déplacement d'un des éléments du dispositif optique, ni soumettre le reste de la fibre en essai à une tension importante.

24.3.7 Detector and signal detection electronics

A detector should be used that is sensitive over the range of wavelengths employed and linear over the range of intensities encountered. A typical system may include a photovoltaic mode Ge or InGaAs photodiode and a current-input preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier and an optical chopper assembly. Generally, a system includes a computer for data acquisition and analysis.

24.4 Test sample

The test sample is chosen according to the parameter, λ_c , λ_{cc} or λ_{cj} , which is being measured.

To measure the cable cut-off wavelength λ_{cc} the test sample is a length of single-mode optical fibre deployed in either of the two default configurations described in 24.4.1 and 24.4.2, unless otherwise specified in the detail specification.

To measure the fibre cut-off wavelength λ_c , the test sample is a 2 m piece of fibre ($\pm 0,2$ m) deployed according to 24.4.3.

To measure the jumper cable cut-off wavelength λ_{cj} , the test sample is a $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ piece of jumper cable deployed according to 24.4.5.

Alternative configurations may be used if the empirical results are demonstrated to be either equivalent within 10 nm or greater than those achieved with the sample configurations.

Flat endfaces shall be prepared at the input and output ends of each test sample fibre.

24.4.1 Cable cut-off wavelength, test sample – configuration 1

As in figure 33, a cable length totalling 22 m shall be prepared by exposing a 1 m de-cabled fibre length at each end. The remaining middle 20 m of jacketed cable shall be deployed substantially straight, such that the deployment shall not have a significant effect upon the subsequent measurement results. To simulate the effects of splice organizers, one loop of 80 mm diameter shall be applied to each 1 m end of the de-cabled fibre length. This configuration produces the cable cut-off wavelength λ_{cc} .

24.4.2 Cable cut-off wavelength, test sample – configuration 2

As in figure 34, an uncabled fibre length totalling 22 m shall be coiled into a loop with a minimum radius of 140 mm to conservatively simulate cabling effects. To simulate the effects of splice organizers, one loop of 80 mm diameter shall be applied within 1 m of each end. Since λ_{cc} is specified as a maximum value, this method is sufficient to ensure specification compliance because any further effects of cabling, installation and deployment can only reduce further the cable cut-off wavelength value.

24.4.3 Fibre cut-off wavelength test sample configuration

The fibre shall be bent into a loosely constrained loop which is one complete turn of a circle of 140 mm radius. Alternatively, the loop placed in the fibre may consist of two arcs (each of 180°) of 140 mm radius connected by tangents. This set-up is shown in figure 35, where the lower semicircular mandrel is allowed to move to take up any slack fibre without requiring the movement of any of the optics, or placing any significant tension on the rest of the fibre sample.

La partie restante de la fibre doit être exempte de toute contrainte extérieure. Bien que quelques courbures de rayons plus importants soient tolérées, elles ne doivent pas affecter de façon significative le résultat de mesure. Cette configuration donne la longueur d'onde de coupure de la fibre λ_c .

24.4.4 Fonction de cartographie pour la relation entre λ_c et λ_{cc}

Plutôt que de procéder systématiquement à la mesure de la longueur d'onde de coupure en câble telle que décrite en 24.4.1 et 24.4.2, un fournisseur peut mesurer systématiquement la longueur d'onde de coupure de la fibre non câblée obtenue par 24.4.3. Le fournisseur doit établir une fonction de cartographie empirique pour transcrire les prescriptions relatives à la longueur d'onde de coupure en câble en prescriptions relatives à la longueur d'onde de coupure de la fibre non câblée spécifiques au fournisseur et avec une marge de confiance acceptée par l'utilisateur et le fabricant.

NOTE Il convient que cette fonction de cartographie soit à l'origine basée sur et vérifiée par des mesures directes de la longueur d'onde de coupure de la fibre et de la longueur d'onde de coupure en câble selon l'une ou l'autre des deux méthodes indiquées en 24.4.1 et 24.4.2.

24.4.5 Configuration de l'échantillon d'essai de longueur d'onde de coupure du cordon

Le cordon doit être courbé en boucle lâche représentant un tour complet d'un cercle de X mm de rayon. Sinon, la boucle placée dans le cordon peut être constituée de deux arcs (chacun de 180°) de X mm de rayon connectés par les tangentes. Ce montage est représenté à la figure 35, où le mandrin semi-circulaire inférieur peut bouger pour admettre tout cordon lâche sans exiger de mouvement d'un des éléments du dispositif optique ni soumettre à une tension significative le reste de l'échantillon de cordon. Le cordon restant doit être substantiellement libre de toute contrainte extérieure. Bien que des courbures de rayons plus importants soient acceptables, il ne faut pas que cela affecte de manière significative le résultat de mesure.

Les prescriptions de fonction de cartographie de 24.4.4 sont admises pour mettre en correspondance la longueur d'onde de coupure du cordon avec la longueur d'onde de coupure de la fibre ou du câble pour une construction particulière et un rayon de courbure de boucle.

NOTE Certaines administrations spécifient 76 mm comme valeur pour X.

24.5 Procédure d'essai

24.5.1 Mesure de l'échantillon en essai

L'échantillon en essai doit être déployé conformément aux paragraphes correspondants de 24.4, ou comme spécifié dans la spécification particulière. Lors du montage et de l'installation du système de support de l'échantillon en essai, et en cas d'utilisation d'un extracteur de modes de gaine, il est recommandé d'éviter tout ajout d'une courbure de rayon inférieur à ce qui est spécifié dans le paragraphe correspondant de 24.4, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai sont dans l'alignement des dispositifs d'injection et de détection. Il est recommandé de ne pas modifier les conditions d'injection et de détection durant le cours de la mesure. La puissance de sortie est enregistrée dans la plage de longueurs d'onde par incréments de 10 nm ou moins. La plage de longueurs d'onde doit être suffisamment étendue pour englober la longueur d'onde de coupure en câble prévue et, comme précisé ci-dessous, pour générer en fin d'essai une courbe semblable à celle de la figure 36 (méthode A) ou de la figure 37 (méthode B).

La puissance du signal de sortie $P_s(\lambda)$, est enregistrée en fonction de la longueur d'onde λ dans une plage suffisamment large autour de la longueur d'onde de coupure attendue.

The remaining fibre shall be substantially free of external stresses. While some bends of larger radii are permissible, they shall not be allowed to significantly affect the measurement result. This configuration produces the fibre cut-off wavelength λ_c .

24.4.4 Mapping function for the relation between λ_c and λ_{cc}

Rather than routinely making the cabled fibre cut-off wavelength measurement as described in 24.4.1 and 24.4.2, a supplier may routinely measure the uncabled fibre cut-off wavelength obtained via 24.4.3. The supplier shall establish an empirical mapping function to translate the cabled fibre cut-off wavelength requirements into uncabled fibre cut-off wavelength requirements specific to the supplier, with a confidence interval agreed between the user and manufacturer.

NOTE This mapping function should initially be based upon and verified by direct fibre and cable cut-off wavelength measurements as outlined by either method given in 24.4.1 or 24.4.2.

24.4.5 Jumper cable cut-off wavelength test sample configuration

The jumper cable shall be bent into a loosely constrained loop which is one complete turn of a circle of X mm radius. Alternatively, the loop placed in the jumper cable may consist of two arcs (each of 180°) of X mm radius connected by tangents. This set-up is shown in figure 35, where the lower semicircular mandrel is allowed to move to take up any slack jumper cable without requiring the movement of any of the optics, or placing any significant tension on the rest of the jumper cable sample. The remaining jumper cable shall be substantially free of external stresses. While some bends of larger radii are permissible, they must not significantly affect the measurement result.

The mapping function requirements of 24.4.4 are allowed for mapping the jumper cable cut-off wavelength to the fibre cut-off wavelength or cable cut-off wavelength for a particular construction and loop-bend radius.

NOTE Some administrations specify X to be 76 mm.

24.5 Test procedure

24.5.1 Measurement of the test sample

The test sample shall be deployed as shown in the corresponding paragraphs of 24.4, or as specified in the detail specification. When assembling and installing the test sample support system, and when using a cladding-mode stripper, any additional fibre bends having a radius smaller than that specified in the corresponding paragraph of 24.4 should be avoided, unless otherwise specified in the detail specification.

The input and output ends of the test sample are aligned to the launch and detection optics. The launch and detection conditions should not be changed during the course of the measurement. The output power is recorded along the wavelength range in increments of 10 nm or less. The wavelength range shall be broad enough to encompass the expected cut-off wavelength and, as outlined below, ultimately result in a curve similar to that of figure 36 (method A) or figure 37 (method B).

The output power $P_s(\lambda)$ is recorded against wavelength λ in a sufficiently wide range around the expected cut-off wavelength.

24.5.2 Méthode A: technique de la fibre de référence courbée

Les conditions d'entrée et de sortie étant inchangées, une courbure supplémentaire de diamètre inférieur doit être appliquée entre la dernière boucle et la sortie, aussi près que possible du détecteur. Il est possible de déterminer la valeur exacte du diamètre inférieur avant d'effectuer la mesure; il est recommandé qu'il soit suffisamment petit pour atténuer le mode secondaire, mais pas le mode principal. Un diamètre de 30 mm est typique. La puissance spectrale transmise $P_b(\lambda)$, doit être enregistrée avec la même plage de longueurs d'onde et avec les mêmes incréments spectraux que ceux indiqués en 24.5.1.

24.5.3 Méthode B: technique de la fibre de référence multimodale

L'échantillon en essai doit être remplacé par une courte longueur (<10 m) de fibre multimodale en référence. La puissance du signal transmis $P_m(\lambda)$ doit être enregistrée avec la même plage de longueurs d'onde et avec les mêmes incréments spectraux que ceux indiqués en 24.5.1. (Il est possible d'enregistrer la puissance $P_m(\lambda)$ sur un calculateur en vue d'effectuer des mesures répétitives sur différents échantillons en essai.)

24.6 Calculs

24.6.1 Méthode A: technique de la fibre de référence courbée

Le facteur de transmission spectrale de l'échantillon en essai doit être calculé à partir des valeurs obtenues dans les conditions avec et sans la courbure de rayon inférieur:

$$A_b(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_b(\lambda)} \quad (\text{dB})$$

La figure 36 présente un résultat schématique. Les limites basse et haute des longueurs d'onde sont respectivement déterminées par l'échantillon en essai déployé avec et sans courbure de rayon inférieur. La longueur d'onde la plus longue à laquelle $A_b(\lambda) = 0,1$ dB est déterminée à partir de la figure 36.

Cette longueur d'onde est la longueur d'onde de coupure, à condition que $\Delta A_b \geq 2$ dB. Entre les points mesurés, $A_b(\lambda)$ est défini par interpolation linéaire.

Si $\Delta A_b < 2$ dB, ou s'il est impossible à observer, il est recommandé d'étendre l'exploration des longueurs d'onde, d'élargir les conditions d'injection unimodale ou de réduire le rayon de la petite courbure. Si la région de la grande longueur d'onde $A_b(\lambda)$ s'accroît selon la longueur d'onde, il est recommandé d'augmenter le rayon de la petite courbure. Il est recommandé de renouveler ces réglages ainsi que la procédure d'essai jusqu'à ce que $\Delta A_b > 2$ dB.

24.6.2 Méthode B: technique de la fibre de référence multimodale

Le facteur de transmission spectrale de l'échantillon en essai doit être calculé par référence à la fibre multimodale:

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)} \quad (\text{dB})$$

La figure 37 présente un résultat schématique.

Une droite doit être ajustée sur la portion des grandes longueurs d'onde de $A_m(\lambda)$, pour la déplacer vers le haut de 0,1 dB, comme illustré en pointillés à la figure 37. La plus grande longueur d'onde à laquelle la ligne déplacée coupe $A_m(\lambda)$ doit être déterminée; c'est la longueur d'onde de coupure, à condition que $\Delta A_m \geq 2$ dB. Entre les points mesurés, $A_m(\lambda)$ est défini par interpolation linéaire.

24.5.2 Method A: bend-reference technique

With input and output conditions unchanged, an additional smaller diameter bend shall be introduced between the last loop in the deployment and the output, as close as possible to the detector. The exact value of the smaller diameter may be determined prior to measurement; it should be small enough to attenuate the second-order mode but not the primary mode. A diameter of 30 mm is typical. The transmitted spectral power $P_b(\lambda)$, shall be recorded over the same wavelength range and with the same spectral increments as in 24.5.1.

24.5.3 Method B: multimode-reference technique

The test sample shall be replaced by a short length (<10 m) of multimode fibre as a reference. The transmitted signal power $P_m(\lambda)$ shall be recorded over the same wavelength range and with the same spectral increments as in 24.5.1. (The power $P_m(\lambda)$ may be stored in a computer for use in repetitive measurements on different test samples.)

24.6 Calculations

24.6.1 Method A: bend-reference technique

The spectral transmittance of the test sample shall be calculated without the smaller radius bend, referenced to the condition where the smaller radius bend is introduced:

$$A_b(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_b(\lambda)} \quad (\text{dB})$$

A schematic result is shown in figure 36. The short and long wavelength edges are determined by the test sample deployed with and without the smaller radius bend, respectively. The longest wavelength at which $A_b(\lambda) = 0,1$ dB is determined from figure 36.

This wavelength is the cut-off wavelength, provided that $\Delta A_b \geq 2$ dB. Between the measured data points, $A_b(\lambda)$ is defined by linear interpolation.

If $\Delta A_b < 2$ dB, or if it is unobservable, the wavelength scan should be broadened and the single-mode launch conditions enlarged, or the small bend radius reduced. If the long wavelength region of $A_b(\lambda)$ increases with respect to wavelength, the small bend radius should be increased. These adjustments and the test procedure should be repeated until $\Delta A_b > 2$ dB.

24.6.2 Method B: multimode-reference technique

The spectral transmittance of the test sample shall be referenced to that of the multimode fibre:

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)} \quad (\text{dB})$$

A schematic result is shown in figure 37.

A straight line shall be fit to the long wavelength portion of $A_m(\lambda)$, displacing it upward by 0,1 dB as shown by the dashed line in figure 37. The longest wavelength at which this displaced line intersects with $A_m(\lambda)$ shall be determined; this is the cut-off wavelength, provided that $\Delta A_m \geq 2$ dB. Between the measured data points, $A_m(\lambda)$ is defined by linear interpolation.

Si $\Delta A_m < 2$ dB, ou s'il est impossible à observer, il convient d'étendre l'exploration des longueurs d'onde et d'élargir les conditions d'injection unimodale.

Il convient de renouveler ces réglages ainsi que la procédure d'essai jusqu'à ce que $\Delta A_m \geq 2$ dB et que la zone des grandes longueurs d'onde soit de longueur adéquate pour être ajustée par une droite.

NOTE Pour la méthode B, la combinaison de fibres à fortes longueurs d'onde de coupure avec des fibres de référence présentant de forts pics d'eau peut donner des valeurs de longueurs d'onde de coupure erronées.

24.6.3 Méthode de mesure de la longueur d'onde de coupure par ajustement de courbe pour augmenter la précision (optionnel)

En l'absence de bosses parasites ou de bruit excessif dans la région des grandes longueurs d'onde, des valeurs précises peuvent être déterminées sans ajustement des courbes.

L'ajustement des courbes est fait en six étapes. Les deux premières étapes définissent la région LP_{01} , ou plage des grandes longueurs d'onde. Les deux étapes suivantes définissent la plage de transition, où l'affaiblissement LP_{01} commence à augmenter. La cinquième étape caractérise cette région à partir d'un modèle théorique. La dernière étape calcule la longueur d'onde de coupure à partir des paramètres de caractérisation. Cette analyse est applicable à λ_c et λ_{cc} mesurés par l'une ou l'autre des méthodes A ou B. $\alpha(\lambda)$ est utilisé pour représenter $A_b(\lambda)$ ou $A_m(\lambda)$.

24.6.3.1 Etape 1 – Définir la région des grandes longueurs d'onde

Pour la méthode B, trouver la longueur d'onde de pente maximale, la longueur d'onde à laquelle la première différence $\alpha(\lambda) - \alpha(\lambda + 10 \text{ nm})$ est la plus grande. Pour les longueurs d'onde plus grandes que la longueur d'onde de pente maximale, la plus petite longueur d'onde de la région est la longueur d'onde à laquelle l'affaiblissement est minimal.

Pour la méthode A, ce qui suit simule la procédure pour la référence multimodale.

Trouver la longueur d'onde d'affaiblissement maximal. Pour les longueurs d'onde plus grandes que la longueur d'onde d'affaiblissement maximal, la plus petite longueur d'onde de la région est la longueur d'onde à laquelle la fonction ci-dessous est minimale:

$$\alpha(\lambda) = 8 + 8 \lambda \quad (\lambda \text{ en micromètres})$$

La plus grande longueur d'onde de la région des grandes longueurs d'onde est la plus petite longueur d'onde de cette région plus 150 nm.

24.6.3.2 Etape 2 – Caractériser la courbe d'affaiblissement $\alpha(\lambda)$ de la région des grandes longueurs d'onde comme fonction linéaire de la longueur d'onde λ

$$\alpha(\lambda) = A_u + B_u \lambda$$

Pour la méthode de la fibre de référence courbée, B_u est fixé à 0 et A_u à la moyenne des valeurs d'affaiblissement de la région des grandes longueurs d'onde. Pour la méthode de la fibre de référence multimodale, les valeurs d'affaiblissement de la région des grandes longueurs d'onde peuvent être ajustées en utilisant une technique particulière pour éviter les effets des bosses positives:

- A_u et B_u sont calculés par régression simplexe de sorte que la somme des valeurs absolues d'erreur soit minimale et qu'aucune erreur ne soit de valeur négative;
- la moyenne des erreurs est calculée et ajoutée à A_u .

If $\Delta A_m < 2$ dB, or if it is unobservable, the wavelength scan should be broadened and the single-mode launch conditions enlarged.

These adjustments and the test procedure should be repeated until $\Delta A_m \geq 2$ dB, and until the long wavelength tail is of adequate length to be fitted by a straight line.

NOTE For method B, the fibres with high cut-off wavelengths combined with reference fibres with high water peaks can have erroneous values reported as the cut-off wavelength.

24.6.3 Cut-off wavelength measurement curve fitting method for precision improvement (optional)

In the absence of spurious humps or excessive noise in the upper wavelength region, accurate values can be determined without curve fitting.

Curve fitting is done in six steps. The first two steps define the LP_{01} region, or upper wavelength region. The second two steps define the transition region, where LP_{01} attenuation begins to increase. The fifth step characterizes this region according to a theoretical model. The last step computes the cut-off wavelength from the characterization parameters. This analysis is applicable for λ_c and λ_{cc} measured by either method A or method B. $\alpha(\lambda)$ is used to represent $A_b(\lambda)$ or $A_m(\lambda)$.

24.6.3.1 Step 1 – Define the upper wavelength region

For method B, find the maximum slope wavelength, the wavelength at which the first difference $\alpha(\lambda) - \alpha(\lambda + 10 \text{ nm})$, is the largest. For wavelengths greater than the maximum slope wavelength, the lowest wavelength of the region is the wavelength at which the attenuation is minimum.

For method A, the following simulates the procedure for multimode reference.

Find the maximum attenuation wavelength. For wavelengths greater than the maximum attenuation wavelength, the lowest wavelength of the region is the wavelength at which the following function is minimum:

$$\alpha(\lambda) - 8 + 8 \lambda \quad (\lambda \text{ in micrometres})$$

The upper wavelength of the upper wavelength region is the lowest wavelength of the upper wavelength region plus 150 nm.

24.6.3.2 Step 2 – Characterize the attenuation curve $\alpha(\lambda)$ of the upper wavelength region as a linear equation in wavelength λ

$$\alpha(\lambda) = A_u + B_u \lambda$$

For the bend reference method, B_u is set to 0 and A_u is set to the median of the attenuation values in the upper wavelength region. For the multimode reference method, the attenuation values of the upper wavelength region can be fitted using a special technique to avoid the effects of positive humps:

- A_u and B_u are found by simplex regression so that the sum of absolute values of error is minimum and such that all errors are non-negative;
- the median of the errors is determined and added to A_u .

Pour les deux méthodes, définir une fonction, $a(\lambda)$, pour représenter la différence entre l'affaiblissement et la ligne d'ajustement à la région des grandes longueurs d'onde:

$$a(\lambda) = \alpha(\lambda) - A_u - B_u \lambda \quad (\lambda \text{ en micromètres})$$

24.6.3.3 Etape 3 – Calculer la plus grande longueur d'onde de la région de transition

En commençant à la plus grande longueur d'onde de la région des grandes longueurs d'onde, obtenue à l'étape 1, la plus grande longueur d'onde de la région de transition est la longueur d'onde maximale à laquelle $a(\lambda) > 0,1 \text{ dB} + 10 \text{ nm}$.

24.6.3.4 Etape 4 – Déterminer la plus petite longueur d'onde de la région de transition

Il y a différentes méthodes pour déterminer cette longueur d'onde. Les méthodes ci-après sont des exemples.

- En commençant à la plus grande longueur d'onde de la région de transition, obtenue à l'étape 3, trouver la longueur d'onde à laquelle $a(\lambda)$ représente un maximum local, et telle que la différence entre ce maximum et le minimum local suivant (pour une valeur plus grande de λ) soit maximale.
- La plus grande longueur d'onde, en dessous de la plus haute longueur d'onde de la région de transition, telle que:

$$a(\lambda) > 2 \text{ dB};$$

il y a un maximum local pour $a(\lambda)$ ou

il y a un maximum local pour $a(\lambda) - a(\lambda + 10 \text{ nm})$.

24.6.3.5 Etape 5 – Caractériser la région de transition à l'aide du modèle théorique

Le modèle est une régression linéaire d'une transformation:

$$Y(\lambda) = 10 \log \left[-\frac{10}{C} \log \left(\frac{10^{\frac{a(\lambda)}{10}} - 1}{\rho} \right) \right]$$

où $C = 10 \log [\rho(10^{0,01} - 1)]$ et, sauf spécification contraire, $\rho = 2$.

La transformée $Y(\lambda)$ est ajustée sur le modèle linéaire suivant en utilisant les données de la région de transition:

$$A_t + B_t \lambda = -Y(\lambda)$$

Pour limiter les effets des bosses positives, la régression peut être faite avec des contraintes sur les erreurs de telle sorte que les erreurs négatives sur la courbe d'affaiblissement n'excèdent pas les erreurs négatives trouvées dans la caractérisation de la région des grandes longueurs d'onde. Cette technique d'ajustement peut s'effectuer par des méthodes simplex.

Soit $E = \min(a(\lambda))$, pour λ dans la région des grandes longueurs d'onde.

For both methods, define a function $a(\lambda)$, to represent the difference between the attenuation and the line fit to the upper wavelength region:

$$a(\lambda) = \alpha(\lambda) - A_u - B_u \lambda \quad (\lambda \text{ in micrometres})$$

24.6.3.3 Step 3 – Determine the upper wavelength of the transition region

Starting at the upper wavelength of the upper wavelength region from step 1, the upper wavelength of the transition region is the maximum wavelength at which $a(\lambda) > 0,1 \text{ dB} + 10 \text{ nm}$.

24.6.3.4 Step 4 – Determine the lower wavelength of the transition region

There are various methods to determine this wavelength. The following are examples:

- Starting with the upper wavelength of the transition region from step 3, find the wavelength at which $a(\lambda)$ has a local maximum and so the difference between this maximum and the next local minimum (at larger λ) is maximum.
- The largest wavelength, below the upper wavelength of the transition region, such that:

$$a(\lambda) > 2 \text{ dB};$$

there is a local maximum for $a(\lambda)$ or

there is a local maximum for $a(\lambda) - a(\lambda + 10 \text{ nm})$.

24.6.3.5 Step 5 – Characterize the transition region with the theoretical model

The model is a linear regression of a transformation:

$$Y(\lambda) = 10 \log \left[-\frac{10}{C} \log \left(\frac{10^{\frac{a(\lambda)}{10}} - 1}{\rho} \right) \right]$$

where $C = 10 \log [\rho / (10^{0,01} - 1)]$ and, unless otherwise specified, $\rho = 2$.

The transform $Y(\lambda)$ is fit to the following linear model using data in the transition region:

$$A_t + B_t \lambda = -Y(\lambda)$$

To limit the effect of positive humps, the regression may be done with constraints on errors so that negative errors in the attenuation curve will not exceed the negative errors found in the characterization of the upper wavelength region. This fitting technique may be accomplished with simplex methods.

Let $E = \min(a(\lambda))$, for λ in the upper wavelength region.

Pour la région de transition, A_t et B_t sont obtenus de sorte que la somme des valeurs absolues des erreurs de régression soit réduite et qu'aucune erreur ne soit inférieure à $-v(\lambda)$, avec $v(\lambda)$ défini comme:

$$w(\lambda) = 10^{\frac{a(\lambda) - E}{10}}$$

$$z(\lambda) = 10 \log \left[-\frac{10}{C} \log \left(\frac{w(\lambda) - 1}{\rho} \right) \right]$$

$$v(\lambda) = Y(\lambda) - z(\lambda)$$

24.6.3.6 Etape 6 – Evaluer la pente de la région de transition et calculer la longueur d'onde de coupure λ_c

Si B_t est plus grand qu'une petite valeur négative, par exemple -1 à $-0,1$, réduire de 10 nm la plus grande longueur d'onde de la région de transition et répéter l'étape 5. Sinon, calculer λ_c comme:

$$\lambda_c = -\frac{A_t}{B_t}$$

24.7 Résultats

24.7.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- numéro d'identification de l'échantillon;
- définition de la longueur d'onde de coupure λ_c , λ_{cc} , ou λ_{cj} utilisée;
- longueur d'onde de coupure λ_c , λ_{cc} , ou λ_{cj} obtenue;
- configuration de déploiement utilisée;
- titre de l'essai et méthode (A ou B) utilisée;
- pour les cordons, rayon de courbure X .

24.7.2 Les informations suivantes doivent être fournies sur demande:

- échantillon en essai, y compris sa longueur, sa courbure et les conditions de déploiement;
- source lumineuse;
- monochromateur (y compris la région d'exploration spectrale, la largeur spectrale et les paliers d'incrémentations);
- dispositif optique d'injection;
- extracteur des modes de gaine;
- mécanismes de support de l'échantillon en essai;
- dispositif optique de détection;
- techniques de détection et d'enregistrement;
- type de fibre multimodale (méthode B seulement);
- tracé typique de la courbe spectrale $A_b(\lambda)$ ou $A_m(\lambda)$.

For the transition region, A_t and B_t are found so that the sum of the absolute values of the regression errors is minimized and so that no error is less than $-v(\lambda)$, with $v(\lambda)$ defined as:

$$w(\lambda) = 10^{\frac{a(\lambda)-E}{10}}$$

$$z(\lambda) = 10 \log \left[-\frac{10}{C} \log \left(\frac{w(\lambda)-1}{\rho} \right) \right]$$

$$v(\lambda) = Y(\lambda) - z(\lambda)$$

24.6.3.6 Step 6 – Evaluate the slope of the transition region and compute the cut-off wavelength λ_c

If B_t is greater than a small negative value, e.g. -1 to $-0,1$, reduce the upper wavelength of the transition region by 10 nm and repeat step 5. Otherwise, compute λ_c as

$$\lambda_c = -\frac{A_t}{B_t}$$

24.7 Results

24.7.1 The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- sample identification number;
- the cut-off wavelength definition, λ_c , λ_{cc} or λ_{cj} , used;
- the cut-off wavelength, λ_c , λ_{cc} or λ_{cj} , obtained;
- deployment configuration used;
- test title and method (A or B) used.
- for jumper cable, bend radius X.

24.7.2 Information that shall be available on request:

- test sample, including its length, bend and deployment conditions;
- light source;
- monochromator (including spectral scanning range, spectral width and incremental steps);
- launch optics;
- cladding-mode stripper;
- test sample support mechanisms;
- detection optics;
- detection and recording techniques;
- multimode fibre type (method B only);
- typical plot of the spectral curve $A_b(\lambda)$ or $A_m(\lambda)$.

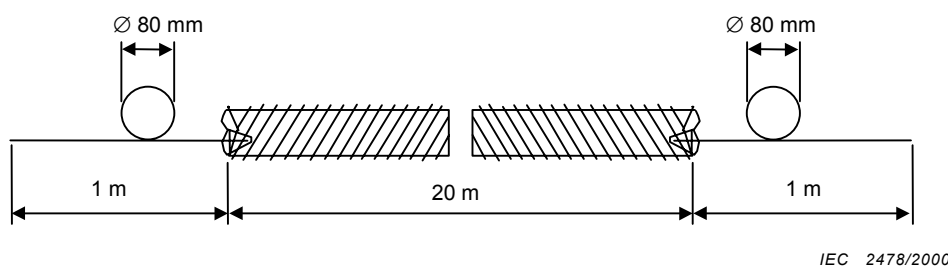


Figure 33 – Configuration 1 par défaut relative au déploiement d'une fibre câblée pour mesurer λ_{cc}

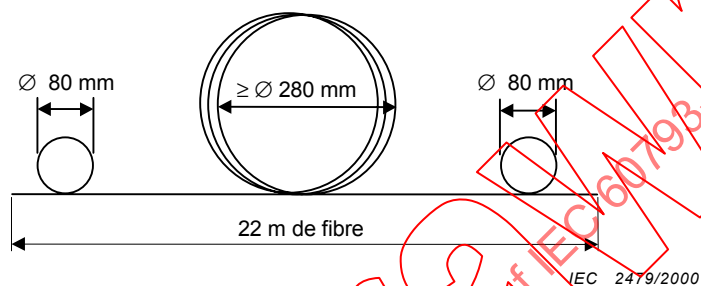


Figure 34 – Configuration 2 par défaut relative au déploiement d'une fibre non câblée pour mesurer λ_{cc}

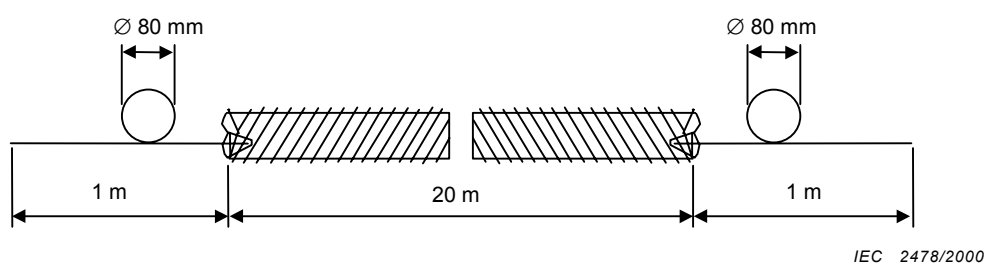


Figure 33 – Default configuration 1 for cabled fibre deployment to measure λ_{cc}

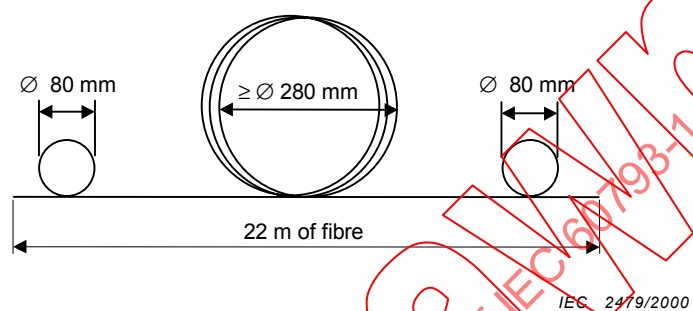


Figure 34 – Default configuration 2 for uncabled fibre deployment to measure λ_{cc}

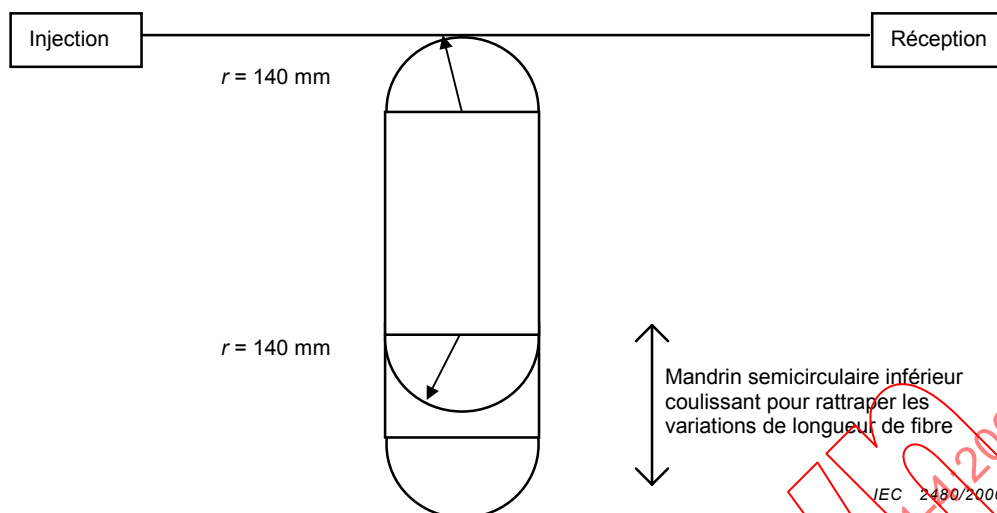


Figure 35 – Configuration par défaut pour mesurer λ_c

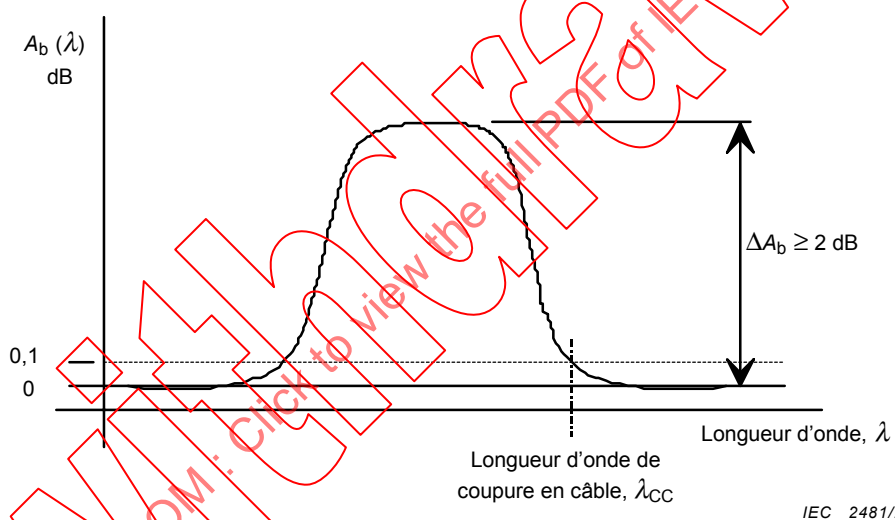


Figure 36 – Détermination de la longueur d'onde de coupure en câble par la méthode A de la fibre de référence courbée

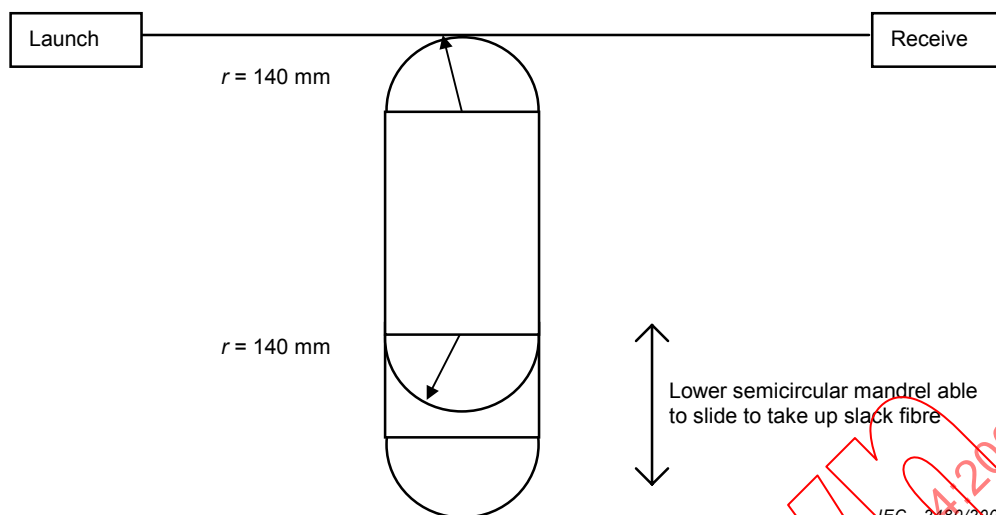


Figure 35 – Default configuration to measure λ_c

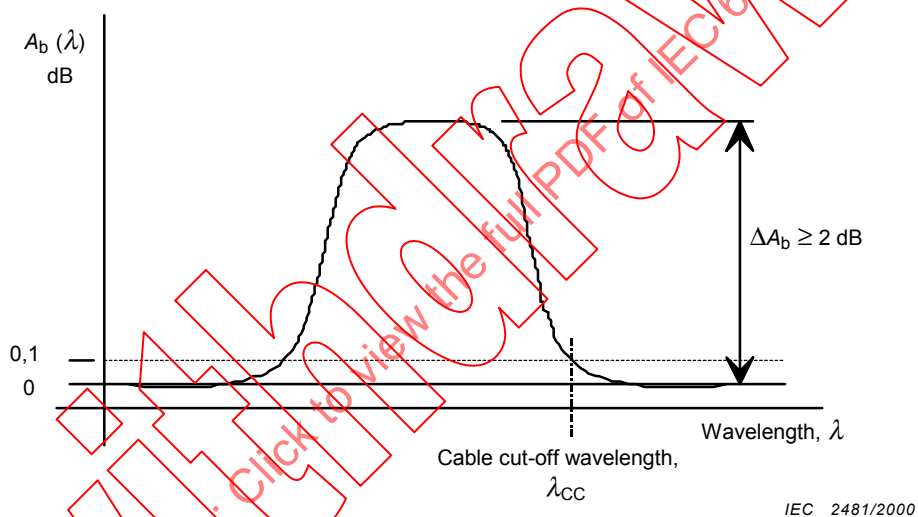


Figure 36 – Cable cut-off wavelength determination
by the bend reference method A

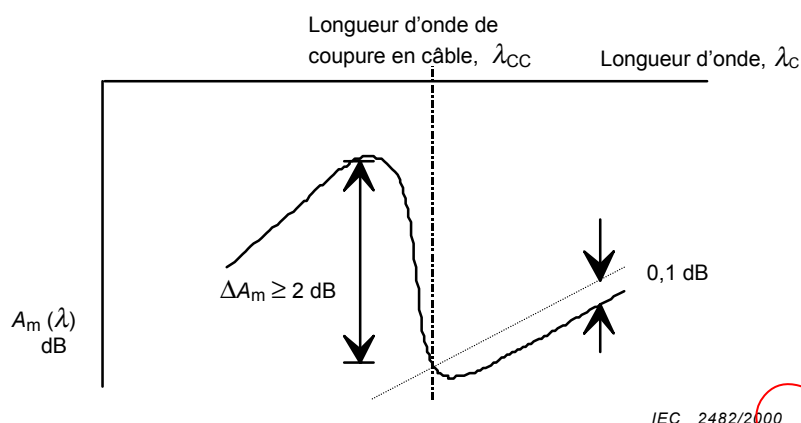
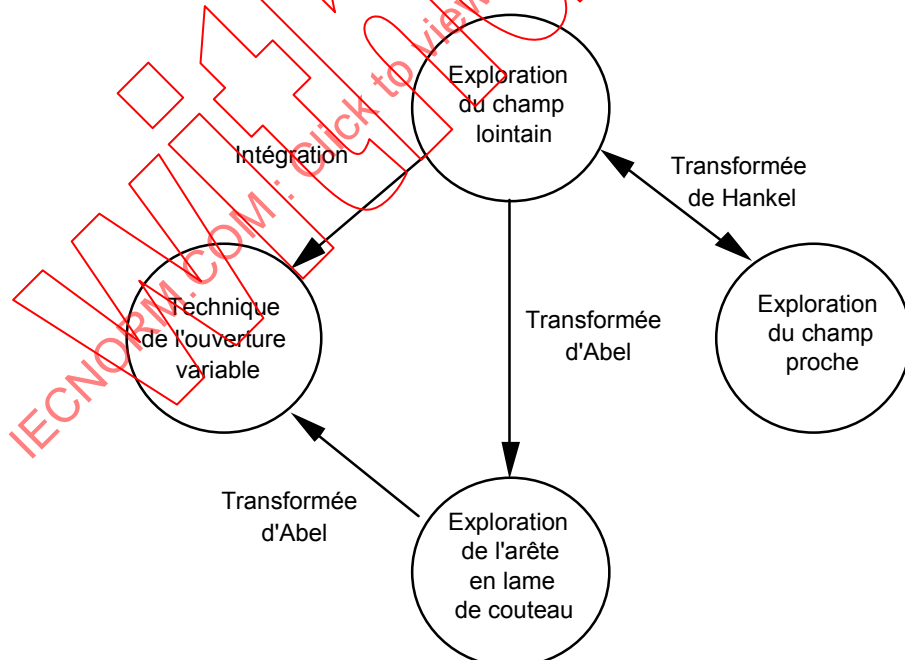


Figure 37 – Détermination de la longueur d'onde de coupure en câble par la méthode B de la fibre de référence multimodale

25 Diamètre du champ de mode

Le diamètre du champ de mode d'une fibre unimodale peut être déterminé, dans la région de champ lointain: à partir de la répartition des intensités en champ lointain $P_m(\theta)$; à partir de la fonction de transmission de l'arête en lame de couteau $K(x)$; à partir de la fonction complémentaire de transmission de la puissance d'ouverture $a(\theta)$; et dans la région de champ proche, à partir de la répartition des intensités en champ proche $I^2(r)$. Les définitions du diamètre du champ de mode sont strictement liées aux configurations de mesures. L'équivalence mathématique de ces définitions résulte des relations de transformées entre des résultats de mesure obtenus par différentes méthodes résumées par le schéma ci-dessous:



IEC 2483/2000

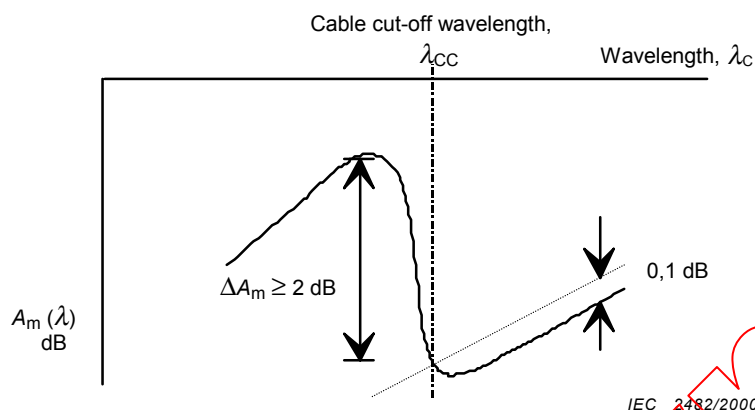
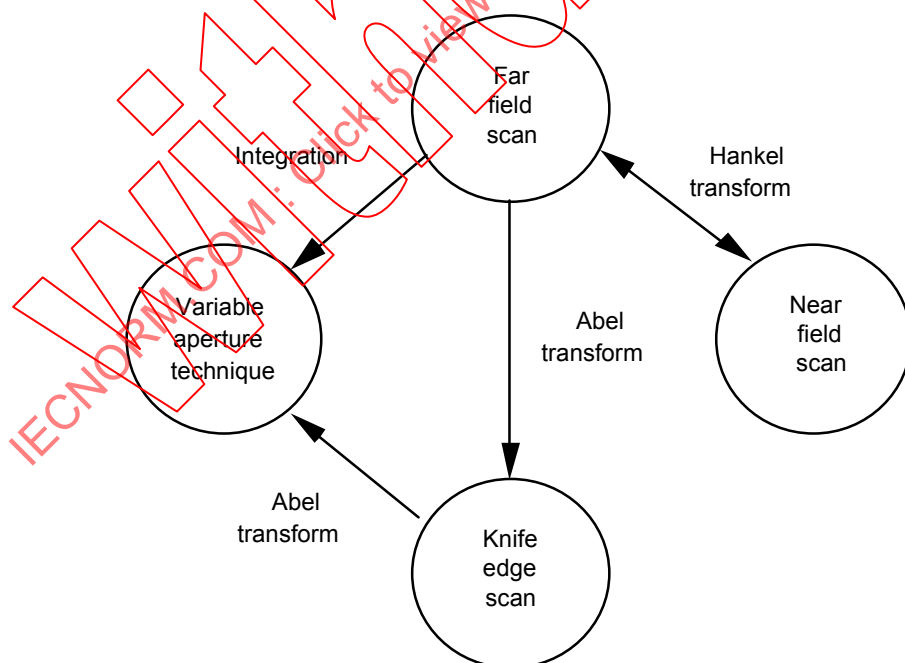


Figure 37 – Cut-off wavelength determination by the multimode reference method B

25 Mode field diameter

The mode field diameter (MFD) for single-mode fibre may be determined, in the far field domain: from the far field intensity distribution $P_m(\theta)$; from the knife edge transmission function $K(x)$; from the complementary aperture power transmission function $a(\theta)$; and in the near field domain, from the near field intensity distribution $I^2(r)$. The definitions of the MFD are strictly related to the measurement configurations. The mathematical equivalence of these definitions results from transform relationships between measurement results obtained by different implementations summarized as follows:



25.1 Définitions

25.1.1 Balayage direct en champ lointain

Le diamètre du champ de mode ($2 W_0$) dérivé dans la région du champ lointain par la configuration du balayage direct en champ lointain est défini à partir de la répartition des intensités en champ lointain $P_m(\theta)$:

$$2 W_0 = \frac{\lambda \sqrt{2}}{\pi} \left(\frac{\int_0^{\infty} P_m(\theta) \sin \theta \cos \theta d\theta}{\int_0^{\infty} P_m(\theta) \sin^3 \theta \cos \theta d\theta} \right)$$

où

$P_m(\theta)$ est la répartition des puissances mesurée dans le champ lointain;

λ est la longueur d'onde de mesure;

θ est l'angle dans la mesure en champ lointain à partir de l'axe de la fibre.

NOTE Les limites d'intégration s'étendent de zéro à l'infini, mais il est entendu que les intégrandes tendent vers zéro lorsque la variable croît, de manière à pouvoir, dans la pratique, tronquer les intégrales.

25.1.2 Exploration d'une arête en lame de couteau

Le diamètre du champ de mode ($2 W_0$), dérivé dans la région du champ lointain par la configuration de l'arête en lame de couteau, est défini à partir de la fonction de transmission en lame de couteau $K(x)$:

$$2 W_0 = \frac{2}{p} \left(\frac{\int_0^{\infty} \frac{dk(x)}{dx} q^2 dq}{4 \int_0^{\infty} \frac{dk(x)}{dx} dq} \right)^{-1/2}$$

où

$x - D \tan \theta$ est le décalage latéral en lame de couteau;

D est la distance entre l'angle de balayage en lame de couteau et la fibre;

θ est l'angle de balayage en champ lointain;

q est égal à $1/\lambda \sin \theta$.

25.1.3 Ouverture variable dans le champ lointain

Le diamètre du champ de mode ($2 W_0$) dérivé dans le champ lointain par la configuration de l'ouverture variable est défini à partir de la fonction complémentaire de transmission de la puissance d'ouverture $a(\theta)$:

$$a(\theta) = 1 - \frac{P(\theta)}{P_{\max}}$$

où:

$P_{\max}$ est la puissance transmise à travers la plus grande ouverture;

θ est l'angle dans la mesure en champ lointain à partir de l'axe de la fibre.

$$2 W_0 = \frac{\lambda \sqrt{2}}{\pi} \left(\int_0^{\infty} a(\theta) \sin 2\theta d\theta \right)^{-1/2} \text{ en micromètres}$$

où λ est la longueur d'onde de mesure.

25.1 Definitions

25.1.1 Direct far field scan

The MFD ($2 W_0$) derived in the far field domain by the direct far field scan configuration is defined from the far field intensity distribution $P_m(\theta)$:

$$2 W_0 = \frac{\lambda \sqrt{2}}{\pi} \left(\frac{\int_0^{\infty} P_m(\theta) \sin \theta \cos \theta d\theta}{\int_0^{\infty} P_m(\theta) \sin^3 \theta \cos \theta d\theta} \right)$$

where

$P_m(\theta)$ is the measured far field power distribution;

λ is the wavelength of measurement;

θ is the angle in the far field measurement from the axis of the fibre.

NOTE The integration limits are shown to be from zero to infinity, but it is understood that the integrands approach zero with increasing argument so that, in practice, the integrals can be truncated.

25.1.2 Knife edge scan

The MFD ($2 W_0$) derived in the far field domain by the knife edge configuration is defined from the knife edge transmission function $K(x)$:

$$2 W_0 = \frac{2}{\pi} \left(\frac{\int_0^{\infty} \frac{dk(x)}{dx} q^2 dq}{4 \int_0^{\infty} \frac{dk(x)}{dx} dq} \right)^{-1/2}$$

where

$x - D \tan \theta$ is the knife edge lateral offset;

D is the distance between the knife edge and the fibre;

θ is the far field scan angle;

q is $1/\lambda \sin \theta$.

25.1.3 Variable aperture in the far field

The MFD ($2 W_0$) derived in the far field domain by the variable aperture configuration is defined from the complementary aperture power transmission function $a(\theta)$:

$$a(\theta) = 1 - \frac{P(\theta)}{P_{\max}}$$

where

$P_{\max}$ is the power through the largest aperture;

θ is the angle in the far field measurement from the axis of the fibre.

$$2 W_0 = \frac{\lambda \sqrt{2}}{\pi} \left(\int_0^{\infty} a(\theta) \sin 2\theta d\theta \right)^{-1/2} \text{ in micrometres}$$

where λ is the wavelength of measurement.

25.1.4 Exploration en champ proche

Le diamètre du champ de mode ($2 W_0$), dérivé dans la configuration en champ proche est défini à partir de la répartition des intensités dans le champ proche $f^2(r)$, r étant la coordonnée radiale:

$$2 W_0 = 2 \left(2 \frac{\int_0^\infty r f^2(r) dr}{\int_0^\infty r \left(\frac{df(r)}{dr} \right)^2 dr} \right)^{1/2}$$

26 Méthode CEI 60793-1-C9A – Mesure du diamètre du champ de mode – Méthode d'exploration directe du champ lointain

26.1 Objet

26.1.1 La présente méthode d'essai décrit une procédure permettant de mesurer le diamètre du champ de mode $2 W_0$ d'une fibre unimodale. Cet essai s'applique aux fibres unimodales des catégories B1 à B3, fonctionnant à des longueurs d'onde situées au voisinage de 1 300 nm ou de 1 550 nm.

26.1.2 La méthode du champ lointain permettant de déterminer le diamètre du champ de mode d'une fibre unimodale est une procédure qui se déroule en deux étapes. La première étape consiste à mesurer le diagramme de rayonnement de la fibre en champ lointain. La seconde étape, qui est une procédure mathématique fondée sur la définition du champ lointain efficace de Petermann, est utilisée pour calculer le champ de mode à partir des informations relatives au champ lointain décrites en 26.5. La figure 38 illustre un montage typique pour l'essai.

26.2 Appareillage

26.2.1 Source lumineuse

Il est nécessaire d'utiliser une source appropriée de lumière cohérente ou incohérente, telle qu'un laser à semiconducteur ou une source de lumière blanche suffisamment puissante. La source doit être stable en intensité pendant une période suffisante pour permettre d'effectuer la mesure. Si nécessaire, il est possible d'utiliser un monochromateur ou un ou des filtres interférentiels pour la sélection des longueurs d'onde. La longueur d'onde de la source doit être indiquée dans la spécification particulière. La largeur spectrale à mi-hauteur de la source doit être inférieure ou égale à 10 nm, sauf spécification contraire.

26.2.2 Dispositif optique d'entrée

Il est possible d'utiliser un système de lentilles optiques ou une fibre amorce pour exciter la fibre en essai. Il est souhaitable que la puissance couplée dans la fibre en essai soit relativement insensible à la position de la face de l'extrémité d'entrée de la fibre en essai. Cela peut être réalisé à l'aide d'un faisceau d'injection qui sature spatialement et angulairement la fibre en essai. Si une épissure en bout à bout est utilisée, il est nécessaire d'utiliser une substance adaptatrice d'indices entre la fibre amorce et la fibre en essai pour éviter les phénomènes d'interférences. Le couplage doit être stable pendant toute la durée de l'essai.

25.1.4 Near field scan

The MFD ($2W_0$) derived from the near field configuration is defined from the near field intensity distribution $f^2(r)$, r being the radial coordinate:

$$2W_0 = 2 \left(2 \frac{\int_0^\infty r f^2(r) dr}{\int_0^\infty r \left(\frac{df(r)}{dr} \right)^2 dr} \right)^{1/2}$$

26 Method IEC 60793-1-C9A – Mode field diameter measurement – Direct far field scanning method

26.1 Object

26.1.1 This test method describes a procedure for measuring the mode field diameter $2W_0$ of a single-mode fibre. This test applies to single-mode fibres categories B1 to B3 operating near 1 300 nm or 1 550 nm.

26.1.2 The far field method for obtaining the mode field diameter of a single-mode fibre is a two step procedure. First, the far field radiation pattern of the fibre is measured. Second, a mathematical procedure based on the Petermann r.m.s. far field definition is used to calculate the mode field from far field data as described in 26.5. A typical test set-up is illustrated in figure 38.

26.2 Apparatus

26.2.1 Light source

A suitable coherent or non-coherent light source such as a semiconductor laser or a sufficiently powerful filtered white light source shall be used. The source shall be stable in intensity over a time period sufficient to perform the measurement. A monochromator or interference filter(s) may be used, if required, for wavelength selection. The wavelength of the source shall be specified in the detail specification. The FWHM (full width half maximum) spectral line width of the source shall be less than or equal to 10 nm, unless otherwise specified.

26.2.2 Input optics

An optical lens system or fibre pigtail may be employed to excite the test fibre. It is recommended that the power coupled into the test fibre be relatively insensitive to the position of the input end face of the test fibre. This can be accomplished by using a launch beam that spatially and angularly overfills the test fibre. If a butt splice is used, index matching material shall be employed between the fibre pigtail and test fibre to avoid interference effects. The coupling shall be stable for the duration of the test.

26.2.3 Extracteur de modes de gaine

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif d'extraction de modes de gaine. Dans certains cas, c'est le revêtement de la fibre qui assure lui-même cette fonction.

26.2.4 Filtre de modes d'ordre supérieur

Il est nécessaire d'utiliser une méthode destinée à empêcher la propagation des modes d'ordre supérieur dans la plage de longueurs d'onde égale ou supérieure à la longueur d'onde de coupure de la fibre en essai. Par exemple, une courbure à une spire d'un rayon de 30 mm environ de la fibre en essai suffit généralement.

26.2.5 Ensemble de détecteur à balayage – Système électronique de détection des signaux

Il est nécessaire d'utiliser un mécanisme destiné à explorer la répartition des intensités en champ lointain. Il est nécessaire d'utiliser un dispositif de balayage capable de fonctionner par échelons de $0,50^\circ$ (ou des échelons encore plus fins) pour balayer le détecteur. Un système typique doit normalement comporter une photodiode PIN, fonctionnant en mode photovoltaïque, amplifiée par un préamplificateur de courant, avec une détection synchrone assurée par un amplificateur à verrouillage. Un système typique doit normalement comporter un ordinateur pour traiter les données relatives au champ lointain. Il convient d'installer le détecteur à une distance d'au moins 10 mm de l'extrémité de la fibre, et il est préférable que la zone active du détecteur n'intercepte pas un angle trop important dans le champ lointain. Cela peut être réalisé en plaçant le détecteur à une distance de l'extrémité de la fibre supérieure à $2wb/\lambda$, où $2w$ est le diamètre du champ de mode prévu de la fibre à mesurer et b est le diamètre de la zone active du détecteur. Pour obtenir des mesures très précises, il convient d'avoir une plage dynamique minimale de mesure de 50 dB. Cela correspond à des demi-angles de balayage maximaux de 20° à 25° ou plus, respectivement pour des fibres de catégorie B1 ou B2. La réduction des prescriptions relatives à la plage dynamique (ou au demi-angle maximal de balayage) est susceptible d'introduire des erreurs. Par exemple, le fait de limiter ces valeurs à 30 dB et à $12,5^\circ$ pour des fibres de catégorie B1, et à 40 dB et à 20° pour des fibres de catégorie B2, peut introduire une erreur relative, dans la détermination du diamètre du champ de mode, supérieure à 1 %.

26.3 Echantillon en essai

26.3.1 La longueur de l'échantillon en essai doit être connue, c'est-à-dire une longueur typique de $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ d'une fibre unimodale.

26.3.2 Il est nécessaire de préparer une face plane à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie de l'échantillon en essai.

26.4 Procédure d'essai

26.4.1 La fibre en essai, préparée conformément aux prescriptions de 26.3, doit être alignée dans le système et son extrémité de sortie doit être alignée sur l'ensemble de détection pour assurer une puissance maximale.

26.4.2 Le détecteur doit être balayé par échelons inférieurs ou égaux à 1° , et la puissance du détecteur doit être enregistrée.

26.4.3 Il est nécessaire de calculer une valeur de l'intégrale de Petermann à partir des données enregistrées et de l'utiliser pour calculer le diamètre du champ de mode de la fibre, tel que décrit en 26.5.

26.2.3 Cladding mode stripper

A device that extracts cladding modes shall be employed. Under some circumstances, the fibre coating will perform this function.

26.2.4 High order mode filter

A method shall be employed to remove high order propagating modes in the wavelength range that is greater than or equal to the cut-off wavelength of the test fibre. For example, a one-turn bend of 30 mm radius on the test fibre is generally sufficient.

26.2.5 Scanning detector assembly – Signal detection electronics

A mechanism to scan the far field intensity distribution shall be used. A scanning device capable of $0,50^\circ$ steps or finer shall be used to scan the detector. A typical system might include a PIN photodiode, operating in a photovoltaic mode, amplified by a current-input preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier. A typical system should also include a computer to process the far field data. The detector should be at least 10 mm from the fibre end, and the detector's active area should not subtend too large an angle in the far field. This can be assured by placing the detector at a distance from the fibre end greater than $2wb/\lambda$, where $2w$ is the expected mode field diameter of the fibre to be measured and b is the diameter of the active area of the detector. For very accurate measurements, the minimum dynamic range of the measurement should be 50 dB. This corresponds to maximum scan half-angles of 20° and 25° , or greater, for category B1 and B2 fibres, respectively. Reducing the dynamic range (or maximum scan half-angle) requirements may introduce errors. For example, restricting those values to 30 dB and $12,5^\circ$ for category B1 fibres, and to 40 dB and 20° for category B2 fibres, may result in a relative error, in the determination of the mode field diameter, that is greater than 1 %.

26.3 Test sample

26.3.1 The test sample shall be a known length, typically $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ of single mode fibre.

26.3.2 A flat end face shall be prepared at the input and output ends of the test sample.

26.4 Test procedure

26.4.1 The test fibre, as prepared in 26.3, shall be aligned in the system and its output end aligned on the detector assembly for maximum power.

26.4.2 The detector shall be scanned in steps smaller than or equal to 1° and the detector power recorded.

26.4.3 A value of the Petermann integral shall be calculated from the recorded data and used to compute the fibre mode field diameter as described in 26.5.

26.5 Calculs

26.5.1 Le diamètre du champ de mode 2 W_0 , est calculé à partir des données en champ lointain en évaluant l'intégrale de Petermann.

$$2W_0 = \frac{\lambda\sqrt{2}}{\pi} \left(\frac{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin\theta \cos\theta d\theta}{\int_0^\infty P_m(\theta) \sin^3\theta \cos\theta d\theta} \right)^{1/2}$$

où $P_m(\theta)$ est la répartition mesurée de la puissance en champ lointain.

Les limites d'intégration s'étendent de zéro à l'infini, mais il est entendu que les intégrandes tendent vers zéro lorsque la variable croît, de manière à pouvoir, dans la pratique, tronquer les intégrales.

26.5.2 Renseignements relatifs à l'échantillon

Des renseignements relatifs à l'échantillon et des valeurs calculées pour W_0 sont fournies à l'annexe A pour permettre la vérification de l'évaluation numérique de l'intégrale de Petermann. Les renseignements relatifs à l'échantillonnage sont présentés sous forme de puissance normalisée en champ lointain P_m en fonction de l'angle θ , pour les moitiés gauche et droite du diagramme de rayonnement en champ lointain.

26.6 Résultats

26.6.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- identification de la fibre en essai;
- longueur d'onde de la source optique;
- diamètre du champ de mode, en micromètres;
- humidité relative et température ambiante.

26.6.2 Documentation relative à l'essai

Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

- type de source optique utilisé;
- description du dispositif optique d'entrée;
- description de l'extracteur de modes de gaine, le cas échéant;
- description du filtre de modes d'ordre supérieur;
- description de l'ensemble de balayage;
- description de l'ensemble de détection et de l'équipement de traitement des signaux;
- détails relatifs à la méthode de calcul utilisée;
- date du dernier étalonnage de l'équipement d'essai.