



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic communication subsystem test procedures –
Part 4-4: Cable plants and links – Polarization mode dispersion measurement for
installed links**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques –
Partie 4-4: Installations de câbles et liaisons – Mesure de la dispersion de mode
de polarisation pour les liaisons installées**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-8821-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Symbols and abbreviated terms	11
4 Background on PMD properties	12
5 Measurement methods	13
5.1 Methods of measuring PMD	13
5.1.1 General	13
5.1.2 Method A: Fixed analyzer with Fourier transformation (FA-FT)	14
5.1.3 Method B: Stokes parameters evaluation (SPE).....	14
5.1.4 Method C: Interferometric	15
5.1.5 Method D: Stokes parameter evaluation using back-reflected light.....	15
5.1.6 Method E: Modulated phase-shift technique.....	15
5.1.7 Method F: Polarization phase shift (PPS).....	15
5.1.8 Method G: Wavelength scanning OTDR and SOP Analysis (WSOSA).....	16
5.2 Document structure.....	16
5.3 Reference test method.....	16
6 Measurement configurations.....	16
6.1 Passive cabling link	16
6.2 Link including amplifiers.....	17
6.3 Link including chromatic dispersion compensating modules	17
6.3.1 General	17
6.3.2 Grating based DCM	17
6.4 Link including ROADMs	17
6.4.1 General	17
6.4.2 Multi-channel point to point configuration.....	18
6.4.3 Single channel configuration.....	18
7 Measurement considerations	18
7.1 General.....	18
7.2 Wavelength range.....	18
7.3 PMD measurement range.....	18
7.4 Measurement dynamic range	19
7.5 Fibre movement.....	19
7.6 Input and output SOP scrambling.....	19
7.6.1 General	19
7.6.2 Polarizers/scramblers	19
7.6.3 The 9-states Mueller set	20
7.6.4 Random scrambling	20
7.7 Polarization dependent loss	20
7.8 Amplifier considerations.....	20
7.8.1 General	20
7.8.2 Optical isolators.....	20
7.8.3 Wavelength range.....	20

7.8.4	Power levels	20
7.8.5	Amplified spontaneous emission (ASE) noise	20
7.9	Considerations on location of equipment	21
8	Apparatus	21
8.1	General	21
8.2	Light source and polarizers	21
8.3	Input optics	22
8.4	Cladding mode stripper	22
8.5	High-order mode filter	22
8.6	Output connection	22
8.7	Output optics	22
8.8	Detector	23
8.9	Computer or test platform	23
8.10	Means to reduce the effects of amplified spontaneous emission	23
9	Sampling and specimens	23
10	Procedure	23
11	Calculation or interpretation of results	24
12	Documentation	24
12.1	Information required for each measurement	24
12.2	Information to be available	24
13	Specification information	25
Annex A (normative)	Fixed analyzer method	26
A.1	Apparatus	26
A.1.1	Block diagrams	26
A.1.2	Light source	28
A.1.3	Analyzer	29
A.1.4	Optional polarization control at the input and output of the link under test	29
A.2	Procedure	29
A.2.1	Wavelength range and increment	29
A.2.2	Complete the scans	30
A.3	Calculations – Fourier transform	31
A.3.1	General	31
A.3.2	Data pre-processing and Fourier transformation	32
A.3.3	Transform data fitting	32
A.3.4	Spectral range	35
Annex B (normative)	Stokes parameter evaluation method	36
B.1	Apparatus	36
B.1.1	Block diagrams	36
B.1.2	Light source	37
B.1.3	Polarimeter	37
B.2	Procedure	37
B.3	Calculations	38
B.3.1	General	38
B.3.2	Jones matrix eigenanalysis (JME)	38
B.3.3	Poincaré sphere analysis (PSA) DGD calculation	40
Annex C (normative)	Interferometric method	41
C.1	General	41

C.2	Traditional analysis (TINTY).....	42
C.2.1	Apparatus.....	42
C.2.2	Procedure.....	43
C.2.3	Calculations.....	44
C.3	General analysis (GINTY).....	45
C.3.1	Benefit.....	45
C.3.2	Apparatus.....	45
C.3.3	Procedure.....	46
C.3.4	Calculations.....	47
Annex D (informative)	Stokes parameter evaluation method using back-reflected light.....	49
D.1	Utility.....	49
D.2	Apparatus.....	49
D.2.1	Block diagram.....	49
D.2.2	Directional coupler.....	49
D.2.3	Angled connector.....	49
D.2.4	Far-end termination.....	49
D.3	Procedure.....	50
D.4	Calculation and interpretation of results.....	50
Annex E (informative)	Modulation phase-shift method.....	51
E.1	Apparatus.....	51
E.1.1	Overview and block diagrams.....	51
E.1.2	Light source(s).....	52
E.1.3	Modulation.....	53
E.1.4	Polarization control.....	54
E.1.5	Input and output optics.....	54
E.1.6	Optical detector and phase detection electronics.....	54
E.1.7	Reference signal.....	55
E.2	Procedure.....	55
E.2.1	Modulation frequency.....	55
E.2.2	Scan the wavelengths and measure DGD.....	55
E.2.3	Calibration.....	58
E.3	Calculations.....	58
E.3.1	DGD calculations.....	58
E.3.2	PMD calculation.....	60
Annex F (informative)	Polarization phase shift method.....	61
F.1	Apparatus.....	61
F.1.1	Block diagram.....	61
F.1.2	Light source.....	61
F.1.3	Modulation.....	61
F.1.4	Polarization control.....	62
F.1.5	Output optics.....	62
F.1.6	Optical detectors.....	62
F.1.7	Amplitude and phase comparator.....	62
F.1.8	Reference signal.....	63
F.2	Procedure.....	63
F.2.1	Modulation frequency.....	63
F.2.2	Wavelength increment.....	63
F.2.3	Scanning wavelengths and measuring DGDs.....	63
F.2.4	Calibration.....	64

F.3	Calculations	64
F.3.1	Results overview	64
F.3.2	DGD determination	65
F.3.3	PMD calculation.....	66
Annex G (normative) Wavelength scanning OTDR and SOP analysis (WSOSA) PMD test method.....		67
G.1	General.....	67
G.2	Apparatus	67
G.2.1	Block diagram.....	67
G.2.2	Light source.....	68
G.2.3	Launch polarization	68
G.2.4	Polarization scrambling.....	69
G.2.5	Input/output optics	69
G.3	Specimen stability.....	69
G.4	Procedure	69
G.4.1	Set instrument parameters.....	69
G.4.2	Action of the instrument after measurement initiation.....	70
G.5	Calculations	72
G.5.1	Power normalisation	72
G.5.2	Transmission differences	73
G.5.3	Mean-square transmission difference and round trip PMD	74
G.5.4	Determination of PMD.....	75
G.6	Procedures for measuring PMD on installed aerial links	75
G.6.1	Instability compensation	75
G.6.2	Approaches to reducing the effects of instabilities	76
Annex H (informative) PMD determination by Method C.....		78
H.1	General.....	78
H.2	Traditional analysis.....	78
H.3	General analysis	80
Bibliography.....		82
Figure 1 – Typical passive cabling link configuration.....		16
Figure 2 – Example configuration of link including amplifiers.....		17
Figure A.1 – Block diagrams for fixed analyzer		28
Figure A.2 – Example of the R-function for the fixed analyzer method.....		31
Figure A.3 – A chirped sine wave.....		33
Figure A.4 – PMD by Fourier analysis		34
Figure B.1 – Block diagram for Method B using a narrowband (tuneable laser) source.....		36
Figure B.2 – Block diagram for Method B using a broadband (ASE) source.....		36
Figure C.1 – Generic set-up for Method C (INTY).....		41
Figure C.2 – Schematic diagram for Method C (TINTY).....		42
Figure C.3 – Typical data obtained by Method C (TINTY).....		44
Figure C.4 – Schematic diagram for Method C (GINTY)		45
Figure C.5 – Typical random-mode-coupling data obtained by Method C (GINTY)		47
Figure C.6 – Typical mixed-mode-coupling data obtained by Method C (GINTY).....		47
Figure D.1 – Layout for Method D		49
Figure E.1 – Basic apparatus		51

Figure E.2 – Apparatus layout for polarization modulation.....	52
Figure E.3 – Mueller states on Poincaré sphere	57
Figure E.4 – DGD versus wavelength.....	58
Figure E.5 – DGD in histogram format	59
Figure F.1 – Block diagram for Method F (polarization phase shift method).....	61
Figure F.2 – DGD versus wavelength for a random mode coupling device	65
Figure G.1 – Illustration of the frequency domain and parameters for WSOSA.....	67
Figure G.2 – Typical generic experimental implementation for WSOSA.....	68
Figure G.3 – Typical power measurement results.....	72
Figure G.4 – Typical $s(\omega)$ for random I/O-SOP	73
Figure G.5 – Typical transmission difference for a frequency pair and I/O-SOP	74
Figure G.6 – Example of 2-pulse implementation in presence of instabilities.....	77
Table E.1 – Example of Mueller set.....	57

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

Part 4-4: Cable plants and links – Polarization mode dispersion measurement for installed links

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61280-4-4 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2006. This second edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) theory is removed and replaced with a reference to IEC TR 61282-9;
- b) a new method, wavelength scanning OTDR and SOP analysis (WSOSA), is added as Annex G;
- c) a brief description of each method is added to Clause 5;
- d) Methods E and F are converted to informative Annexes E and F;
- e) a new Clause (6) on measurement configurations is added;

- f) a new Clause (7) on measurement considerations is added;
- g) Clause 10 on procedure is expanded;
- h) several of the apparatus diagrams are improved;
- i) several clarifications about what is measured and what is calculated have been made in Annex H.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
86C/1378/CDV	86C/1419/RVC

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 61280 series, published under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Polarization mode dispersion (PMD) is a statistical parameter. The reproducibility of measurements depends on the particular method, but is limited also by the PMD level of the link and the accessible wavelength range. Gisin [1]¹ derived a theoretical limit to this reproducibility independent of the measurement method by assuming ideal measurement conditions.

Originally, the principles of IEC 61280-4-4:2006 were closely aligned with those of IEC 60793-1-48:2003 on optical fibre and optical fibre cable test method, which focuses on aspects related to the measurement of factory lengths. However, IEC 60793-1-48:2007 removed some of the test methods that are no longer of interest to fibre and cable manufacturers. These have been retained as informative Annexes D, E, and F in this document, and a new test method G has been added.

This document also updates test methods A, B and C and adds more information applicable to testing of installed cabling.

NOTE 1 Test methods for factory lengths of optical fibres and optical fibre cables are given in IEC 60793-1-48.

NOTE 2 Test methods for optical amplifiers (OAs) are given in IEC 61290-11-1 and IEC 61290-11-2.

NOTE 3 Test methods for passive optical components are given in IEC 61300-3-32.

NOTE 4 Guidelines for the calculation of PMD for links that include components such as dispersion compensators or optical amplifiers are given in IEC TR 61282-3.

NOTE 5 Further general guidance on PMD measurements and background theory is contained in IEC TR 61282-9.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

Part 4-4: Cable plants and links – Polarization mode dispersion measurement for installed links

1 Scope

This part of IEC 61280 provides uniform methods of measuring polarization mode dispersion (PMD) of single-mode installed links. An installed link is the optical path between transmitter and receiver, or a portion of that optical path. These measurements can be used to assess the suitability of a given link for high bit rate applications, or to provide insight on the relationships of various related transmission attributes. This document focuses on the measurement methods and requirements for measuring long lengths of installed cabling that can also include other optical elements, such as splices, connectors, amplifiers, chromatic dispersion compensating modules, dense wavelength division multiplexing or multiplexer (DWDM) components, multiplexers, wavelength selective switches, re-configurable optical add drop multiplexer (ROADMS).

This document focuses on the apparatus, procedures, and calculations needed to complete measurements. IEC TR 61282-9 explains the theory behind the test methods.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60793-1-44, *Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength*

IEC 61300-3-35, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-35: Examinations and measurements – Visual inspection of fibre optic connectors and fibre-stub transceivers*

IEC TR 61282-9, *Fibre optic communication system design guides – Part 9: Guidance on polarization mode dispersion measurements and theory*

IEC TR 62627-01, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 01: Fibre optic connector cleaning methods*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	89
INTRODUCTION.....	91
1 Domaine d'application	92
2 Références normatives	92
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	92
3.1 Termes et définitions	92
3.2 Symboles et termes abrégés.....	93
4 Contexte des propriétés de la dispersion de mode de polarisation	94
5 Méthodes de mesure	96
5.1 Méthodes de mesure de la PMD	96
5.1.1 Généralités	96
5.1.2 Méthode A: Analyse fixe avec transformée de Fourier (FA-FT)	97
5.1.3 Méthode B: Évaluation des paramètres de Stokes (SPE)	97
5.1.4 Méthode C: Méthode interférométrique	98
5.1.5 Méthode D: Évaluation des paramètres de Stokes utilisant la lumière rétro réfléchie	98
5.1.6 Méthode E: Technique de déphasage modulé	98
5.1.7 Méthode F: Déphasage par polarisation (PPS)	98
5.1.8 Méthode G: Analyse OTDR et SOP par balayage de longueur d'onde (WSOA).....	98
5.2 Structure du document.....	99
5.3 Méthode de mesure de référence.....	99
6 Configurations de mesure.....	99
6.1 Liaison passive par câblage	99
6.2 Liaison incluant des amplificateurs.....	100
6.3 Liaison incluant les modules de compensation de dispersion chromatique	100
6.3.1 Généralités	100
6.3.2 DCM fondé sur un réseau	100
6.4 Liaison incluant des ROADMs.....	100
6.4.1 Généralités	100
6.4.2 Configuration point à point multicanaux	101
6.4.3 Configuration monocanal	101
7 Considérations de mesure	101
7.1 Généralités	101
7.2 Plage de longueurs d'onde.....	101
7.3 Étendue de mesure de la PMD.....	101
7.4 Étendue dynamique de mesure	102
7.5 Déplacement de la fibre	102
7.6 Brouillage des SOP en entrée et en sortie.....	102
7.6.1 Généralités	102
7.6.2 Polariseurs/brouilleurs	102
7.6.3 Ensemble de Mueller à 9 états.....	103
7.6.4 Brouillage aléatoire.....	103
7.7 Perte dépendant de la polarisation.....	103
7.8 Considérations concernant les amplificateurs	103
7.8.1 Généralités	103
7.8.2 Isolateurs optiques	104

7.8.3	Plage de longueurs d'onde	104
7.8.4	Niveaux de puissance	104
7.8.5	Bruit de l'émission spontanée amplifiée (ASE)	104
7.9	Considérations concernant l'emplacement des équipements	104
8	Appareillage	104
8.1	Généralités	104
8.2	Source lumineuse et polariseurs	105
8.3	Optique d'entrée	105
8.4	Extracteur de mode de gaine	106
8.5	Filtre de mode d'ordre élevé.....	106
8.6	Connexion de sortie	106
8.7	Optique de sortie	106
8.8	Détecteur	106
8.9	Calculateur ou plate-forme d'essai	106
8.10	Moyen de réduction des phénomènes d'émission spontanée amplifiée	107
9	Échantillonnage et éprouvettes	107
10	Procédure.....	107
11	Calcul ou interprétation des résultats.....	107
12	Documentation	108
12.1	Informations exigées pour chaque mesure	108
12.2	Informations à fournir.....	108
13	Informations relatives à la spécification	108
Annexe A (normative) Méthode de l'analyseur fixe.....		109
A.1	Appareillage.....	109
A.1.1	Schémas fonctionnels.....	109
A.1.2	Source lumineuse	111
A.1.3	Analyseur	112
A.1.4	Contrôle facultatif de la polarisation à l'entrée et à la sortie de la liaison en essai.....	112
A.2	Procédure	112
A.2.1	Plage de longueurs d'onde et incrément de longueurs d'onde.....	112
A.2.2	Réalisation des balayages	113
A.3	Calculs – Transformée de Fourier	114
A.3.1	Généralités	114
A.3.2	Prétraitement des données et transformée de Fourier.....	115
A.3.3	Adaptation des données de transformation	115
A.3.4	Domaine spectral.....	118
Annexe B (normative) Méthode d'évaluation des paramètres de Stokes.....		119
B.1	Appareillage.....	119
B.1.1	Schémas fonctionnels.....	119
B.1.2	Source lumineuse	120
B.1.3	Polarimètre	120
B.2	Procédure	120
B.3	Calculs	121
B.3.1	Généralités	121
B.3.2	Analyse des vecteurs propres de la matrice de Jones (JME).....	122
B.3.3	Analyse de la sphère de Poincaré (PSA) et calcul du DGD	123
Annexe C (normative) Méthode interférométrique		125

C.1	Généralités	125
C.2	Analyse traditionnelle (TINTY)	126
C.2.1	Appareillage	126
C.2.2	Procédure.....	127
C.2.3	Calculs	128
C.3	Analyse générale (GINTY)	129
C.3.1	Avantage	129
C.3.2	Appareillage	129
C.3.3	Procédure.....	131
C.3.4	Calculs	132
Annexe D (informative) Méthode d'évaluation des paramètres de Stokes utilisant la lumière rétro-réfléchie		134
D.1	Fonctionnalité	134
D.2	Appareillage.....	134
D.2.1	Schéma fonctionnel	134
D.2.2	Coupleur directif	134
D.2.3	Connecteur oblique.....	134
D.2.4	Terminaison de l'extrémité éloignée.....	134
D.3	Procédure	135
D.4	Calcul et interprétation des résultats	135
Annexe E (informative) Méthode du déphasage par modulation		136
E.1	Appareillage.....	136
E.1.1	Présentation et schémas fonctionnels.....	136
E.1.2	Source(s) lumineuse(s).....	137
E.1.3	Modulation.....	138
E.1.4	Contrôle de la polarisation	139
E.1.5	Optique d'entrée et optique de sortie	139
E.1.6	Détecteur optique et circuits électroniques de détection de phase	140
E.1.7	Signal de référence	140
E.2	Procédure	140
E.2.1	Fréquence de modulation	140
E.2.2	Balayage des longueurs d'onde et mesure du DGD	141
E.2.3	Étalonnage	143
E.3	Calculs	143
E.3.1	Calcul du DGD.....	143
E.3.2	Calcul de la PMD.....	145
Annexe F (informative) Méthode de déphasage par polarisation		146
F.1	Appareillage.....	146
F.1.1	Schéma fonctionnel	146
F.1.2	Source lumineuse	146
F.1.3	Modulation.....	146
F.1.4	Contrôle de la polarisation	147
F.1.5	Optique de sortie	147
F.1.6	Détecteurs optiques.....	147
F.1.7	Comparateur d'amplitude et de phase.....	148
F.1.8	Signal de référence	148
F.2	Procédure	148
F.2.1	Fréquence de modulation	148
F.2.2	Incrément de longueur d'onde	148

F.2.3	Balayage des longueurs d'onde et mesure des DGD	149
F.2.4	Étalonnage	149
F.3	Calculs	150
F.3.1	Présentation des résultats	150
F.3.2	Détermination du DGD.....	150
F.3.3	Calcul de la PMD.....	151
Annexe G (normative)	Analyse OTDR et SOP par balayage de longueur d'onde (WSOSA) et méthode d'essai PMD	152
G.1	Généralités	152
G.2	Appareillage.....	153
G.2.1	Schéma fonctionnel	153
G.2.2	Source lumineuse	153
G.2.3	Polarisation par injection	154
G.2.4	Brouillage de polarisation	154
G.2.5	Optiques d'entrée/sortie.....	154
G.3	Stabilité des éprouvettes.....	155
G.4	Procédure	155
G.4.1	Réglage des paramètres d'instrument.....	155
G.4.2	Action de l'instrument après le début des mesures	156
G.5	Calculs	158
G.5.1	Normalisation de puissance	158
G.5.2	Différences de transmission.....	159
G.5.3	Différence de transmission quadratique moyenne et PMD aller et retour.....	160
G.5.4	Détermination de la PMD.....	161
G.6	Procédures de mesure de la PMD sur les liaisons aériennes installées.....	161
G.6.1	Compensation de l'instabilité	161
G.6.2	Méthodes de réduction des effets des instabilités	162
Annexe H (informativ)	Détermination de la dispersion de mode de polarisation (PMD) par la méthode C	164
H.1	Généralités	164
H.2	Analyse traditionnelle.....	164
H.3	Analyse générale	166
Bibliographie.....		168
Figure 1	– Configuration type d'une liaison passive par câblage	99
Figure 2	– Exemple de configuration de liaison incluant des amplificateurs.....	100
Figure A.1	– Schémas fonctionnels relatifs à l'analyseur fixe	111
Figure A.2	– Exemple de fonction R pour la méthode à analyseur fixe	114
Figure A.3	– Onde sinusoïdale modulée.....	116
Figure A.4	– PMD par l'analyse de Fourier.....	117
Figure B.1	– Schéma fonctionnel pour la méthode B utilisant une source à bande étroite (laser accordable)	119
Figure B.2	– Schéma fonctionnel pour la méthode B utilisant une source à large bande (ASE).....	120
Figure C.1	– Dispositif générique pour la méthode C (INTY)	125
Figure C.2	– Schéma fonctionnel pour la méthode C (TINTY)	127
Figure C.3	– Données types obtenues par la méthode C (TINTY)	128
Figure C.4	– Schéma fonctionnel pour la méthode C (GINTY).....	130

Figure C.5 – Données types de couplage de mode aléatoire obtenues par la méthode C (GINTY).....	132
Figure C.6 – Données types de couplage de mode mixte obtenues par la méthode C (GINTY).....	132
Figure D.1 – Disposition pour la méthode D.....	134
Figure E.1 – Appareillage de base.....	136
Figure E.2 – Disposition de l'appareillage pour la modulation de polarisation.....	137
Figure E.3 – États de Mueller sur la sphère de Poincaré.....	142
Figure E.4 – DGD en fonction de la longueur d'onde.....	143
Figure E.5 – Histogramme du DGD.....	144
Figure F.1 – Schéma fonctionnel pour la méthode F (méthode de déphasage par polarisation).....	146
Figure F.2 – DGD en fonction de la longueur d'onde pour un dispositif à couplage de mode aléatoire.....	150
Figure G.1 – Représentation du domaine de fréquence et des paramètres pour l'analyse WSOSA.....	152
Figure G.2 – Mise en œuvre expérimentale générique type pour l'analyse WSOSA.....	153
Figure G.3 – Résultats types de mesure de la puissance.....	158
Figure G.4 – Fonctions $s(\omega)$ type pour I/O-SOP aléatoire.....	159
Figure G.5 – Différence de transmission type pour une paire de fréquences et I/O-SOP.....	160
Figure G.6 – Exemple de mise en œuvre à deux impulsions en présence d'instabilités.....	163
Tableau E.1 – Exemple d'ensemble de Mueller.....	143

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION FIBRONIQUES –

Partie 4-4: Installations de câbles et liaisons – Mesure de la dispersion de mode de polarisation pour les liaisons installées

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61280-4-4 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2006. Cette deuxième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) suppression de la théorie et remplacement par une référence à l'IEC TR 61282-9;
- b) ajout, en tant qu'Annexe G, d'une nouvelle méthode, à savoir analyse OTDR et SOP par balayage de longueur d'onde (WSOSA);

- c) ajout d'une description succincte de chaque méthode à l'Article 5;
- d) conversion des méthodes E et F en Annexes E et F informatives;
- e) ajout d'un nouvel Article (6) sur les configurations de mesure;
- f) ajout d'un nouvel Article (7) sur les considérations de mesure;
- g) extension de l'Article 10 sur la procédure;
- h) amélioration de plusieurs diagrammes dédiés à l'appareillage;
- i) plusieurs clarifications internes à l'Annexe H portant sur les mesures et les calculs effectués.

La présente version bilingue (2020-09) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-03.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61280, publiées sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La dispersion de mode de polarisation (PMD – *polarization mode dispersion*) est un paramètre statistique. La reproductibilité des mesures dépend de la méthode choisie, mais elle est également limitée par le niveau de la PMD de la liaison et la plage accessible de longueurs d'onde. Gisin [1]¹ a établi une limite de reproductibilité théorique indépendante de la méthode de mesure en considérant par hypothèse des conditions de mesure idéales.

À l'origine, les principes de l'IEC 61280-4-4:2006 étaient étroitement alignés sur ceux de l'IEC 60793-1-48:2003 concernant les fibres optiques et la méthode d'essai par câble à fibres optiques, axée sur les aspects liés à la mesure des longueurs de fabrication. Toutefois, l'IEC 60793-1-48:2007 a supprimé les méthodes d'essai qui ne sont plus intéressantes pour les fabricants de fibres et de câbles. Ces méthodes ont été conservées sous forme d'Annexes informatives D, E et F dans le présent document, et une nouvelle méthode d'essai G a été ajoutée.

Le présent document actualise également les méthodes A, B et C et ajoute des informations supplémentaires applicables à l'essai d'une installation câblée.

NOTE 1 Des méthodes d'essai relatives aux longueurs de fabrication de fibres optiques et de câbles à fibres optiques sont données dans l'IEC 60793-1-48.

NOTE 2 Des méthodes d'essai relatives aux amplificateurs optiques (OA – optical amplifiers) sont données dans l'IEC 61290-11-1 et dans l'IEC 61290-11-2.

NOTE 3 Des méthodes d'essai relatives aux composants optiques passifs sont données dans l'IEC 61300-3-32.

NOTE 4 L'IEC TR 61282-3 contient des lignes directrices relatives au calcul de la PMD pour des liaisons comprenant des composants tels que des compensateurs de dispersion ou des amplificateurs optiques.

NOTE 5 L'IEC TR 61282-9 comporte des recommandations générales supplémentaires concernant les mesures de la PMD et la théorie contextuelle.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION FIBRONIQUES –

Partie 4-4: Installations de câbles et liaisons – Mesure de la dispersion de mode de polarisation pour les liaisons installées

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61280 fournit des méthodes uniformes de mesure de la dispersion de mode de polarisation (PMD) de liaisons unimodales installées. Une liaison installée est le chemin optique entre l'émetteur et le récepteur ou une partie de ce chemin optique. Ces mesures peuvent être utilisées afin d'évaluer si une liaison donnée est adaptée à des applications à débit binaire élevé ou pour connaître les relations entre différents attributs connexes d'une transmission. Le présent document se concentre sur les méthodes de mesure et les exigences relatives à la mesure de grandes longueurs d'une installation câblée qui peut également inclure d'autres éléments optiques, tels que des épissures, des connecteurs, des amplificateurs, des modules de compensation de dispersion chromatique, des composants de multiplexage ou multiplexeurs par répartition en longueur d'onde dense (DWDM – *dense wavelength division multiplexing or multiplexer*), des multiplexeurs, des commutateurs sélectifs en longueur d'onde, ainsi qu'un multiplexeur optique d'insertion-extraction reconfigurable (ROADMS – *re-configurable optical add drop multiplexer*).

Le présent document se concentre sur l'appareillage, les procédures et les calculs nécessaires pour effectuer des mesures. L'IEC TR 61282-9 explique la théorie qui régit les méthodes d'essai.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60793-1-44, *Fibres optiques – Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure*

IEC 61300-3-35, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-35: Examens et mesures – Examen visuel des connecteurs à fibres optiques et des émetteurs-récepteurs à embase fibrée*

IEC TR 61282-9, *Fibre optic communication system design guides – Part 9: Guidance on polarization mode dispersion measurements and theory* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 62627-01, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 01: Fibre optic connector cleaning methods* (disponible en anglais seulement)