

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61280-4-4

Première édition
First edition
2006-02

**Procédures d'essai des sous-systèmes
de télécommunication à fibres optiques –**

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

**Fibre optic communication subsystem
test procedures –**

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

© IEC 2006 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, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives.....	12
3 Symboles et abréviations.....	12
4 Propriétés de la dispersion en mode de polarisation: présentation générale	14
5 Méthodes de mesure	16
5.1 Méthodes de mesure de la PMD.....	16
5.2 Méthode d'essai de référence.....	24
6 Appareillage	24
6.1 Source de lumière et polariseurs	24
6.2 Optique d'entrée.....	26
6.3 Extracteur de mode de gaine.....	26
6.4 Filtre de mode d'ordre élevé.....	26
6.5 Positionneur de sortie.....	26
6.6 Optique de sortie.....	26
6.7 Détecteur	28
6.8 Calculateur.....	28
6.9 Moyen pour réduire les phénomènes d'émission spontanée amplifiée	28
7 Échantillonnage et échantillons en essai	28
8 Procédure	28
9 Calcul ou interprétation des résultats.....	28
10 Documentation	30
10.1 Informations requises pour chaque mesure	30
10.2 Informations nécessairement disponibles	30
11 Informations relatives à la spécification	30
Annexe A (normative) Méthode de l'analyseur fixe.....	32
Annexe B (normative) Méthode d'évaluation des paramètres de Stokes.....	46
Annexe C (normative) Méthode interférométrique	60
Annexe D (normative) Méthode d'évaluation des paramètres de Stokes utilisant la lumière rétrofléchie.....	80
Annexe E (normative) Méthode du déphasage par modulation	84
Annexe F (normative) Méthode de déphasage par polarisation	106
Annexe G (informative) Détermination de la dispersion de mode de polarisation (PMD) par la Méthode C.....	122
Bibliographie.....	130
Figure A.1 – Schémas relatifs à l'analyseur fixe.....	32
Figure A.2 – Exemple de fonction R pour la méthode à analyseur fixe	36
Figure A.3 – Dispersion de mode de polarisation (PMD) par l'analyse de Fourier.....	42

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references	13
3 Symbols and abbreviated terms.....	13
4 Background on PMD properties	15
5 Measurement methods	17
5.1 Methods of measuring PMD.....	17
5.2 Reference test method	25
6 Apparatus.....	25
6.1 Light source and polarizers	25
6.2 Input optics	27
6.3 Cladding mode stripper	27
6.4 High-order mode filter.....	27
6.5 Output positioner.....	27
6.6 Output optics.....	27
6.7 Detector	29
6.8 Computer	29
6.9 Means to reduce the effects of amplified spontaneous emission.....	29
7 Sampling and specimens.....	29
8 Procedure	29
9 Calculation or interpretation of results	29
10 Documentation	31
10.1 Information required for each measurement	31
10.2 Information to be available	31
11 Specification information	31
Annex A (normative) Fixed analyzer method.....	33
Annex B (normative) Stokes parameter evaluation method	47
Annex C (normative) Interferometric method.....	61
Annex D (normative) Stokes parameter evaluation method using back-reflected light	81
Annex E (normative) Modulation phase-shift method.....	85
Annex F (normative) Polarization phase shift method.....	107
Annex G (informative) PMD determination by Method C.....	123
Bibliography.....	131
Figure A1 – Block diagrams for fixed analyzer	33
Figure A2 – Example of the R-function for the fixed analyzer method.....	37
Figure A3 – PMD by Fourier analysis	43

Figure B.1 – Représentation schématique pour la méthode B utilisant une source à bande étroite (laser accordable)	46
Figure B.2 – Représentation schématique pour la méthode B utilisant une source à large bande (émission spontanée amplifiée (ASE))	46
Figure C.1 – Montage générique pour la méthode D (INTY)	60
Figure C.2 – Représentation schématique pour la Méthode D (TINTY).....	62
Figure C.3 – Données typiques obtenues par la Méthode C (TINTY).....	66
Figure C.4 – Représentation schématique pour la Méthode C (TINTY).....	68
Figure C.5 – Données de couplage de mode aléatoire typiques obtenues par la Méthode C (GINTY)	74
Figure C.6 – Données de couplage de mode mélangé typiques obtenues par la Méthode C (GINTY)	76
Figure D.1 – Disposition pour la Méthode D	80
Figure E.1 – Appareillage de base	84
Figure E.2 – Disposition de l'appareillage dans le cas de la modulation de la polarisation.....	92
Figure E.3 – États de Mueller sur la sphère de Poincaré.....	98
Figure E.4 – Retard de groupe différentiel (DGD) en fonction de la longueur d'onde.....	100
Figure E.5 – Histogramme du retard de groupe différentiel (DGD)	102
Figure F.1 – Représentation schématique pour la méthode F (déphasage par polarisation).....	106
Figure F.2 – Retard de groupe différentiel (DGD) en fonction de la longueur d'onde pour un dispositif à couplage de mode aléatoire	114
Tableau E.1 – Exemple d'ensemble de Mueller.....	98

Figure B1 – Block diagram for Method B using a narrowband (tuneable laser) source.....	47
Figure B2 – Block diagram for Method B using a broadband (ASE) source.....	47
Figure C1 – Generic set-up for Method C (INTY).....	61
Figure C2 – Schematic diagram for Method C (TINTY).....	63
Figure C3 – Typical data obtained by Method C (TINTY).....	67
Figure C4 – Schematic diagram for Method C (GINTY).....	69
Figure C5 – Typical random-mode-coupling data obtained by Method C (GINTY)	75
Figure C6 – Typical mixed-mode-coupling data obtained by Method C (GINTY).....	77
Figure D1 – Layout for Method D	81
Figure E1 – Basic apparatus.....	85
Figure E2 – Apparatus layout for polarization modulation.....	93
Figure E3 – Mueller states on Poincaré sphere	99
Figure E4 – DGD versus wavelength.....	101
Figure E5 – DGD in histogram format	103
Figure F1 – Block diagram for Method F (polarization phase shift method).....	107
Figure F2 – DGD versus wavelength for a random mode coupling device.....	115
Table E1 – Example of Mueller set.....	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION À FIBRES OPTIQUES –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 publications CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toute divergence entre la Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 CEI 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 ou de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/683/FDIS	86C/695/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.

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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.

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

FDIS	Report on voting
86C/683/FDIS	86C/695RVD

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 2.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 61280 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques*¹⁾:

Partie 1: Sous-systèmes généraux de télécommunication ²⁾

Partie 2: Systèmes numériques ³⁾

Partie 4: Installation de câbles et liens ⁴⁾

La Partie 3 est en préparation.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date et le résultat de la maintenance indiquée sur le site web de la CEI à l'adresse suivante: "<http://webstore.iec.ch>", dans les données liées à la publication spécifique. A cette date, la publication sera

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

1) Le titre général de la série CEI 61280 a changé. D'autres parties ont été publiées dans le passé sous le titre général *Procédures d'essai de base des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques*

2) Le titre de la Partie 1 a changé. Les Parties 1–1 et 1–3 ont été publiées sous le titre *Procédures d'essai des sous-systèmes généraux de télécommunication*.

3) Le titre de la Partie 2 a changé. Les Parties 2–1, 2–2, 2–4 et 2–5 ont été publiées sous le titre *Procédures d'essai des systèmes numériques*.

4) Le titre de la Partie 4 a changé. La Partie 4–2 a été publiée sous le titre *Installation de câbles à fibres optiques*.

IEC 61280 consists of the following parts under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures* ¹⁾:

Part 1: General communication subsystems ²⁾

Part 2: Digital systems ³⁾

Part 4: Cable plant and links ⁴⁾

Part 3 is in preparation.

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

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

1) The general title of the IEC 61280 series has changed. Previous parts were published under the general title *Fibre optic communication subsystem basic test procedures*

2) The title of Part 1 has changed. Parts 1-1 and 1-3 were published under the title *Test procedures for general communication subsystems*.

3) The title of Part 2 has changed. Parts 2-1, 2-2, 2-4 and 2-5 were published under the title *Test procedures for digital systems*.

4) The title of Part 4 has changed. Part 4-2 was published under the title *Fibre optic cable plant*.

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION À FIBRES OPTIQUES –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 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 d'une transmission. Les principes du présent document correspondent à ceux de la méthode d'essai des fibres optiques et des câbles à fibre optique, CEI 60793-1-48 (voir Bibliographie), qui porte sur les aspects de la mesure des longueurs de fabrication. Toutefois, le présent document porte sur les méthodes de mesure et les exigences relatives à la mesure de grandes longueurs qui peuvent être installées, et qui peuvent également inclure d'autres éléments optiques, par exemple des amplificateurs, des composants DWDM, des multiplexeurs, etc.

La PMD 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. Gisin [3]⁵⁾ a établi une limite de reproductibilité théorique en considérant l'hypothèse d'une plage infinie de longueurs d'onde mesurées et de conditions de mesure idéales.

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

NOTE 2 Des méthodes d'essai relatives aux amplificateurs optiques sont données dans la CEI 61290-11-1 et dans la CEI 61290-11-2.

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

NOTE 4 La CEI 61282-3 contient des directives relatives au calcul de la PMD pour des liaisons comprenant des composants tels que des compensateurs de dispersion ou des amplificateurs optiques.

À l'exception de la méthode D, toutes les méthodes décrites dans le présent document peuvent être utilisées pour mesurer la dispersion de mode de polarisation (PMD) dans la bande de gain de liaisons incluant des amplificateurs optiques par pompage. Pour ces liaisons, le bruit de l'émission spontanée amplifiée (ASE) peut générer une énergie spectrale dépolarisée au voisinage de la longueur d'onde de mesure. En général ceci réduit la précision de la mesure. Pour les méthodes A, B, C, E et F, cet effet peut être modéré en installant un filtre optique ou électrique au niveau de l'extrémité du récepteur. Toutefois, un filtre optique ne supprimera pas l'ASE juste sous le spectre du signal. La précision sera alors limitée par le faible degré de polarisation (DOP), s'il n'est pas possible de réduire suffisamment la largeur spectrale du filtre comme c'est le cas avec une source à large bande. Un degré de polarisation (DOP) plus faible est significatif si l'intégration du signal est plus longue ou le résultat devient trop bruité et l'interprétation est erronée.

Aucune méthode ne convient à la mesure de la PMD de liaisons présentant une perte dépendant de la polarisation (PDL) supérieure à 10 dB. On obtient une précision raisonnable pour les liaisons dont les valeurs de la PDL sont inférieures à 1 dB. La précision de mesure peut être compromise par une PDL supérieure à 1 dB.

⁵⁾ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

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 may 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. The principles of this document are aligned with those of the optical fibre and optical fibre cable test method, IEC 60793-1-48 (see Bibliography), which focuses on aspects related to the measurement of factory lengths. Instead, this document focuses on the measurement methods and requirements for measuring long lengths that might be installed – and that might also include other optical elements, such as amplifiers, DWDM components, multiplexers, etc.

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. Gisin [3]⁵⁾ derived a theoretical limit to this reproducibility, by assuming an infinite range of measured wavelengths and ideal measurement conditions.

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 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 61282-3.

With the exception of Method D, all methods in this document may be used to measure the PMD in the gain band of links that include pumped optical amplifiers. For these links, amplified spontaneous emission (ASE) noise can generate depolarized spectral energy in the neighbourhood of the measurement wavelength. This will, in general, reduce the accuracy of the measurement. For Methods A, B, C, E and F, this effect can be moderated by implementing an optical or electrical filter at the receive end. However, optical filtering will not remove the ASE right under the signal spectrum. The accuracy will then be limited by a lower degree of polarization (DOP), if the spectral width of the filter cannot be sufficiently reduced as with a broadband source. Lower DOP may require the signal to be integrated longer to be meaningful or the result will become too noisy and interpretation will be erroneous.

None of the methods is suitable for measuring the PMD of links with polarization dependent loss (PDL) in excess of 10 dB. Links with PDL values less than 1 dB can be measured with reasonable accuracy. Measurement accuracy may be compromised by the presence of PDL in excess of 1 dB.

⁵⁾ Figures in square brackets refer to the bibliography.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

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

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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*