IEC 61300-3-38

Edition 1.0 2012-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-38: Examinations and measurements – Group delay, chromatic dispersion and phase ripple

Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-38: Examens et mesures – Retard de groupe, dispersion chromatique et fluctuation de phase

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

X

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-83220-115-2

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 5
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and abbreviations 7
4 General description 8
5 Apparatus 9
5.1 Modulation phase shift method 9
5.1.1 General 9
5.1.2 Variable wavelength source VWS 9
5.1.3 Tracking filter (optional) 9
5.1.4 Reference branching device RBD1, RBD2 10
5.1.5 Wavelength monitor (optional) 10
5.1.6 Device under test DUT 10
5.1.7 Detectors D1, D2 10
5.1.8 RF generator 11
5.1.9 Amplitude modulator 11
5.1.10 Phase comparator 11
5.1.11 Temporary joints TJ1, TJ2 11
5.1.12 Polarization controller (optional) 11
5.1.13 Reference jumper 12
5.2 Swept wavelength interferometry method 12
5.2.1 General 12
5.2.2 Tunable laser source TLS 12
5.2.3 Wavelength monitor 13
5.2.4 Reference branching devices RBD1, RBD2, RBD3 13
5.2.5 Detectors D1, D2 13
5.2.6 Polarization controller 13
5.2.7 Polarization analyzer 13
5.3 Polarization phase shift method 13
5.3.1 General 13
5.3.2 Tunable laser source TLS 14
5.3.3 RF generator 14
5.3.4 Amplitude modulator 15
5.3.5 Polarization controller 15
5.3.6 Polarization splitter 15
5.3.7 Detectors D1, D2 15
5.3.8 Amplitude and phase comparator 16
6 Measurement procedure 16
6.1 Modulation phase shift method 16
6.1.1 Measurement principle 16
6.1.2 RF modulation frequency 16
6.1.3 Test sequence 18
6.1.4 Special notice for measurement of GDR 19
6.1.5 Calculation of relative group delay 19
6.2 Swept wavelength interferometry method 19
6.2.1 Measurement principle 19

6.2.2 Test sequence 20
6.2.3 Special notice for measurement of GDR 20
6.2.4 Calculation of group delay 20
6.3 Polarization phase shift method 21
6.3.1 Modulation frequency 21
6.3.2 Wavelength increment 22
6.3.3 Scanning wavelength and measuring CD 22
6.3.4 Calibration 22
6.3.5 Calculation of relative group delay and CD 23
6.4 Measurement window (common for all test methods) 23
7 Analysis 25
7.1 Noise reduction of group delay measurement 25
7.1.1 Averaging 25
7.1.2 Spectral filtering 25
7.2 Linear phase variation 25
7.3 Chromatic dispersion 25
7.3.1 General 25
7.3.2 Finite difference calculation 26
7.3.3 Curve fit 26
7.4 Phase ripple 27
7.4.1 General 27
7.4.2 Slope fitting 27
7.4.3 GDR estimation 27
7.4.4 Phase ripple calculation 28
8 Examples of measurement 28
8.1 50GHz band-pass thin-film filter 28
8.2 Planar waveguide filter component 29
8.3 Tunable dispersion compensator (fiber bragg grating) 30
8.4 Random polarization mode coupling device 30
9 Details to be specified 31
Annex A (informative) Calculation of differential group delay 32
Bibliography 40

Figure 1 – MPS measurement method apparatus 9
Figure 2 – SWI measurement method apparatus 12
Figure 3 – PPS measurement method apparatus 14
Figure 4 – Sampling at the modulation frequency 18
Figure 5 – Measurement window centred on an ITU wavelength with a defined width 24
Figure 6 – Measurement window determined by the insertion loss curve at 3dB 24
Figure 7 – Calculated CD from fitted GD over a 25 GHz optical BW centred on the ITU frequency 26
Figure 8 – A 6th order polynomial curve is fitted to relative GD data over a 25 GHz optical BW centred on the ITU frequency 27
Figure 9 – Estimation of the amplitude of the GD ripple and the period 28
Figure 10 – GD and loss spectra for a 50 GHz-channel-spacing DWDM filter 28
Figure 11 – Measured GD and loss spectra for planar waveguide filter 29
Figure 12 – Measured CD and loss spectra for planar waveguide filter 29

Figure 13 – Measured GD deviation of a fibre Bragg grating 30
Figure 14 – Measured phase ripple of a fibre Bragg grating 30
Figure 15 – Measured GD for a device with random polarization mode coupling 31
Figure 16 – Measured CD for a device with random polarization mode coupling 31
Figure A.1 – Mueller states on Poincaré sphere 32
Figure A.2 – DGD spectrum for a 50 GHz bandpass filter, measured with 30 pm resolution BW 35
Figure A.3 – DGD versus wavelength for a random polarization mode coupling device (example) 37
Figure A.4 – DGD versus wavelength for a fibre Bragg grating filter (example) 37

Table 1 – Modulation frequency versus wavelength resolution for C-band 17
Table A.1 – Example of Mueller set 33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS – BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –

Part 3-38: Examinations and measurements – Group delay, chromatic dispersion and phase ripple

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 61300-3-38 has been prepared by subcommittee 86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This first edition cancels and replaces the IEC/PAS 61300-3-38 published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86B/3394/FDIS	86B/3438/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 2.

The list of all parts of IEC 61300 series, published under the general title, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures* can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

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.

FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS – BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –

Part 3-38: Examinations and measurements – Group delay, chromatic dispersion and phase ripple

1 Scope

This part of IEC 61300 describes the measurement methods necessary to characterise the group delay properties of passive devices and dynamic modules. From these measurements further parameters like group delay ripple, linear phase deviation, chromatic dispersion, dispersion slope, and phase ripple can be derived. In addition, when these measurements are made with resolved polarization, the differential group delay can also be determined as an alternative to separate measurement with the dedicated methods of IEC 61300-3-32.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 61300-3-29, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-29: Examinations and measurements – Measurement techniques for characterizing the amplitude of the spectral transfer function of DWDM components*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 45
1 Domaine d'application 47
2 Références normatives 47
3 Termes et abréviations 47
4 Description générale 48
5 Appareillage 49
5.1 Méthode du déphasage par modulation 49
5.1.1 Généralités 49
5.1.2 Source de longueur d'onde variable (VWS) 49
5.1.3 Filtre de suivi (facultatif) 50
5.1.4 Dispositif de couplage de référence RBD1, RBD2 50
5.1.5 Dispositif de contrôle de la longueur d'onde (facultatif) 50
5.1.6 Dispositif en essai DUT 50
5.1.7 Détecteurs D1, D2 51
5.1.8 Générateur RF 51
5.1.9 Modulateur d'amplitude 51
5.1.10 Comparateur de phase 51
5.1.11 Liaisons temporaires TJ1, TJ2 52
5.1.12 Contrôleur de polarisation (facultatif) 52
5.1.13 Câble de liaison de référence 52
5.2 Méthode de l'interférométrie de longueurs d'onde balayées 52
5.2.1 Généralités 52
5.2.2 Source laser accordable TLS 53
5.2.3 Dispositif de contrôle de la longueur d'onde 53
5.2.4 Dispositifs de couplage de référence RBD1, RBD2, RBD3 53
5.2.5 Détecteurs D1, D2 54
5.2.6 Contrôleur de polarisation 54
5.2.7 Analyseur de polarisation 54
5.3 Méthode du déphasage par polarisation 54
5.3.1 Généralités 54
5.3.2 Source laser accordable TLS 55
5.3.3 Générateur RF 55
5.3.4 Modulateur d'amplitude 56
5.3.5 Contrôleur de polarisation 56
5.3.6 Séparateur de polarisation 56
5.3.7 Détecteurs D1, D2 56
5.3.8 Comparateur d'amplitude et de phase 57
6 Procédure de mesure 57
6.1 Méthode du déphasage par modulation 57
6.1.1 Principe de mesure 57
6.1.2 Fréquence de modulation RF 57
6.1.3 Séquence d'essais 59
6.1.4 Notification spéciale pour la mesure de la fluctuation du retard de groupe 60
6.1.5 Calcul du retard de groupe relatif 60
6.2 Méthode de l'interférométrie de longueurs d'onde balayées 60

6.2.1 Principe de mesure 60
6.2.2 Séquence d'essais 61
6.2.3 Notification spéciale pour la mesure de la fluctuation du retard de groupe 62
6.2.4 Calcul du retard de groupe 62
6.3 Méthode du déphasage par polarisation 63
6.3.1 Fréquence de modulation 63
6.3.2 Incrément de longueur d'onde 63
6.3.3 Balayage des longueurs d'onde et mesure de la dispersion chromatique 64
6.3.4 Étalonnage 64
6.3.5 Calcul du retard de groupe relatif et de la dispersion chromatique 64
6.4 Fenêtre de mesure (commune pour toutes les méthodes d'essai) 65
7 Analyse 67
7.1 Réduction de bruit de la mesure du retard de groupe 67
7.1.1 Moyenne 67
7.1.2 Filtrage spectrale 67
7.2 Variation de phase linéaire 67
7.3 Dispersion chromatique 67
7.3.1 Généralités 67
7.3.2 Calcul de différence finie 68
7.3.3 Ajustement de courbe 68
7.4 Fluctuation de phase 70
7.4.1 Généralités 70
7.4.2 Adaptation de pente 70
7.4.3 Estimation des fluctuations du retard de groupe 70
7.4.4 Calcul de la fluctuation de phase 70
8 Exemples de mesure 71
8.1 Filtre passe-bande à couche mince 50 GHz 71
8.2 Composants à filtres à guides d'ondes plans 71
8.3 Compensateur de dispersion accordable (réseau de Bragg de fibres) 72
8.4 Dispositif de couplage de mode de polarisation aléatoire 73
9 Détails à spécifier 74
Annexe A (informative) Calcul du retard de groupe différentiel 75
Bibliographie 83

Figure 1 – Appareil de la méthode de mesure du déphasage par modulation (MPS) 49
Figure 2 – Appareil de la méthode de mesure de l'interférométrie de longueurs d'onde balayées 53
Figure 3 – Appareil de la méthode de mesure du déphasage par polarisation (PPS) 55
Figure 4 – Échantillonnage à la fréquence de modulation 59
Figure 5 – Fenêtre de mesure centrée sur une longueur d'onde ITU avec une largeur définie 66
Figure 6 – Fenêtre de mesure déterminée par la courbe de perte d'insertion à 3 dB 66
Figure 7 – Dispersion chromatique calculée à partir d'un retard de groupe adapté sur une largeur de bande optique de 25 GHz centrée sur la fréquence ITU 69
Figure 8 – Courbe polynomiale du 6ème ordre adaptée sur les données de retard de groupe relatif sur une largeur de bande optique de 25 GHz centrée sur la fréquence ITU 69

Figure 9 – Estimation de l'amplitude de la fluctuation du retard de groupe et la période 70
Figure 10 – Spectre de retard de groupe et de perte pour filtre à multiplexage par répartition en longueur d'onde à forte densité à espacement entre voies de 50 GHz 71
Figure 11 – Spectres de retard de groupe et de perte mesurés pour un filtre à guide d'ondes plan 71
Figure 12 – Spectres de dispersion chromatique et de perte mesurés pour un filtre à guide d'ondes plan 72
Figure 13 – Ecart de retard de groupe mesuré d'un réseau de Bragg de fibres 72
Figure 14 – Ecart d'ondulation de phase mesuré d'un réseau de Bragg de fibres 73
Figure 15 – Retard de groupe mesuré pour un dispositif avec couplage de mode de polarisation aléatoire 73
Figure 16 – Retard de dispersion chromatique pour un dispositif avec couplage de mode de polarisation aléatoire 74
Figure A.1 – États de Mueller sur la sphère de Poincaré 75
Figure A.2 – Spectre du retard de groupe différentiel pour un filtre passe-bande de 50 GHz, mesuré avec une largeur de bande de résolution de 30 pm 78
Figure A.3 – Retard de groupe différentiel (DGD) en fonction de la longueur d'onde pour un dispositif à couplage de mode de polarisation aléatoire (exemple) 80
Figure A.4 – Retard de groupe différentiel (DGD) en fonction de la longueur d'onde pour un filtre à réseau de Bragg de fibres (exemple) 80

Tableau 1 – Fréquence de modulation en fonction de la résolution de longueur d'onde pour la bande C 58
Tableau A.1 – Exemple d'ensemble de Mueller 76

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – PROCÉDURES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

Partie 3-38: Examens et mesures – Retard de groupe, dispersion chromatique et fluctuation de phase

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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et 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. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 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 de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 61300-3-38 a été établie par le sous-comité 86B: Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette première édition annule et remplace l'IEC/PAS 61300-3-38 parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de la présente Norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86B/3394/FDIS	86B/3438/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série de normes CEI 61300, publiées sous le titre général, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures*, est disponible sur site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée 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.

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – PROCÉDURES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

Partie 3-38: Examens et mesures – Retard de groupe, dispersion chromatique et fluctuation de phase

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61300 décrit les méthodes de mesure nécessaires pour caractériser les propriétés du retard de groupe de dispositifs passifs et de modules dynamiques. A partir de ces mesures, on peut déduire d'autres paramètres tels que la fluctuation du retard de groupe, l'écart de phase linéaire, la dispersion chromatique, la pente de dispersion et la fluctuation de phase. En outre, quand ces mesures sont faites avec une polarisation résolue, le retard de groupe différentiel peut également être déterminé comme une alternative à une mesure distincte avec la méthode dédiée de la CEI 61300-3-32.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

CEI 60050-731, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

CEI 61300-3-29, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-29: Examens et mesures – Techniques de mesure pour caractériser l'amplitude de la fonction de transfert spectrale des composants DWDM*