

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Optical amplifiers – Test methods –
Part 11-1: Polarization mode dispersion parameter – Jones matrix eigenanalysis
(JME)**

**Amplificateurs optiques – Méthodes d'essais –
Partie 11-1: Paramètre de dispersion du mode de polarisation – Analyse des
vecteurs propres de la matrice de Jones (JME)**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical amplifiers – Test methods –

Part 11-1: Polarization mode dispersion parameter – Jones matrix eigenanalysis (JME)

Amplificateurs optiques – Méthodes d'essais –

Partie 11-1: Paramètre de dispersion du mode de polarisation – Analyse des vecteurs propres de la matrice de Jones (JME)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Acronyms, symbols and abbreviations	6
4 Apparatus.....	6
4.1 General.....	6
4.2 Tuneable laser	7
4.3 Polarization adjuster.....	7
4.4 Polarizers.....	7
4.5 Input optics	7
4.6 Fibre pigtail	7
4.7 Optical lens system	7
4.8 Output optics.....	7
4.9 Polarimeter.....	7
5 Procedure	8
6 Calculations	8
6.1 Jones matrix eigenanalysis calculations	8
6.2 Display of DGD versus wavelength.....	9
6.3 Average DGD	9
6.4 Maximum DGD	9
7 Test results	9
Annex A (informative) Degree of polarization reduction due to optical amplifier ASE.....	11
Bibliography.....	13
Figure 1 – Schematic diagram of equipment (typical).....	6
Figure 2 – Measurement example of the DGD for a typical optical amplifier	9
Figure A.1 – Spectrum of optical amplifier output.....	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OPTICAL AMPLIFIERS –
TEST METHODS –****Part 11-1: Polarization mode dispersion parameter –
Jones matrix eigenanalysis (JME)**

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 61290-11-1 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 2003, and is a technical revision that specifically addresses additional types of optical amplifiers. It also includes updated references.

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

CDV	Report on voting
86C/752/CDV	86C/786/RVC

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.

A list of all the parts in the IEC 61290 series, under the general title *Optical amplifiers – Test methods*, can be found on the IEC website.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

Part 11-1: Polarization mode dispersion parameter – Jones matrix eigenanalysis (JME)

1 Scope and object

This part of IEC 61290 applies to all commercially available optical amplifiers (OAs), including optical fibre amplifiers (OFAs) using active fibres, semiconductor optical amplifiers (SOAs), and planar waveguide optical amplifiers (PWOAs).

Polarization-mode dispersion (PMD) causes an optical pulse to spread in the time domain. This dispersion could impair the performance of a telecommunications system. The effect can be related to differential group velocity and corresponding arrival times of different polarization components of the signal. For a narrowband source, the effect can be related to a differential group delay (DGD) between pairs of orthogonally polarized principal states of polarization (PSP). Other information about PMD may be found in IEC 61282-9 in general and in IEC 61292-5 on OAs in particular.

This test method describes a procedure for measuring the PMD of OAs. The measurement result is obtained from the measurement of the normalized Stokes parameters at two closely spaced wavelengths.

The test method described herein requires a polarized signal at the input of the polarimeter with a degree of polarization (DOP) of at least 25 %. Although the test source is highly polarized, the DOP at the output of the OA is reduced by amplified spontaneous emission (ASE). Annex A analyses the impact of ASE on the DOP. In order to assure an accurate measurement, the DOP is measured as part of the measurement procedure.

The method described herein has been shown to be immune to polarization-dependent gain (PDG) and polarization dependent loss (PDL) up to approximately 1 dB.

Although the Jones matrix eigenanalysis (JME) test method is in principle also applicable to unpumped (that is, unpowered) OAs, the JME technique in this standard applies to pumped (that is, powered) OAs only.

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

IEC/TR 61292-5, *Optical amplifiers – Part 5: Polarization mode dispersion parameter – General information*

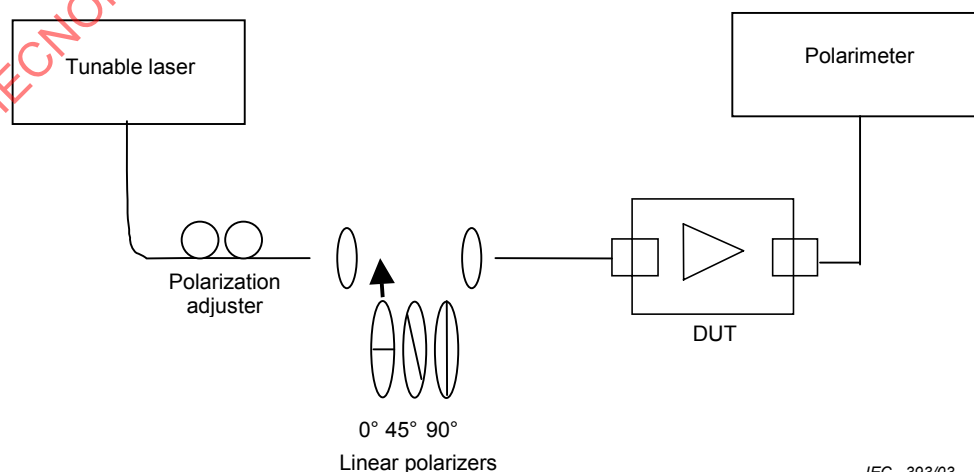
3 Acronyms, symbols and abbreviations

$\Delta\lambda$	Wavelength interval
$\Delta\tau$	Differential group delay (DGD)
ν	Optical frequency
ω	Angular optical frequency
F	OA noise factor
G	Gain
h	Plank's constant
$N(\gamma)$	Power spectral density of the ASE
P_s	Amplified signal power
ASE	Amplified spontaneous emission
DGD	Differential group delay
DOP	Degree of polarization
DUT	Device (optical amplifier) under test
JME	Jones matrix eigenanalysis
OA	Optical amplifier
OFA	Optical fibre amplifier
PDG	Polarization-dependent gain
PDL	Polarization-dependent loss
PMD	Polarization-mode dispersion
PWOA	Planar waveguide optical amplifier
PSP	Principal states of polarization
SOA	Semiconductor optical amplifier

4 Apparatus

4.1 General

Figure 1 provides a schematic diagram of the key components in a typical measurement system.



IEC 393/03

Figure 1 – Schematic diagram of equipment (typical)

4.2 Tuneable laser

Use single-line lasers or narrowband sources that can be varied or tuned across the intended measurement wavelength range. The spectral distribution shall be narrow enough so that light on the DUT remains polarized under all conditions of the measurement.

4.3 Polarization adjuster

If the source is polarized, a polarization adjuster follows the laser and is set to provide roughly circularly polarized light to the polarizers, so that the polarizers never cross polarization with the input light. If the source is unpolarized, this is not necessary. For the polarized source, adjust the polarization as follows.

- a) Set the tuneable laser wavelength to the centre of the range to be measured.
- b) Insert each of the three polarizers into the beam and perform three corresponding power measurements at the output of the polarizer.
- c) Adjust the source polarization via the polarization adjuster in such a way that the three powers fall within approximately a 3-dB range of one another.

In an open-beam version of the set-up, waveplates may perform the polarization adjustment.

4.4 Polarizers

Three linear polarizers at relative angles of approximately 45° are arranged to be inserted into the light beam in turn. The actual relative angles shall be known.

4.5 Input optics

An optical lens system or single-mode fibre pigtail may be employed to excite the DUT.

4.6 Fibre pigtail

If pigtails are used, interference effects due to reflections should be avoided. This may require index matching materials or angled cleaves. The pigtails shall be single-mode.

4.7 Optical lens system

If an optical lens system is used, some suitable means, such as a vacuum chuck, shall be used to support in a stable manner the input end of the fibre.

4.8 Output optics

Couple all power emitted from the test fibre to the polarimeter. An optical lens system, a butt-splice to a single-mode fibre pigtail or an index-matched coupling made direct to the detector are examples of means that may be used.

4.9 Polarimeter

Use a polarimeter to measure the three output states of polarization corresponding to insertion of each of the three polarizers. The wavelength range of the polarimeter shall include the wavelengths produced by the light source.

5 Procedure

- Couple the light source through the polarization adjuster to the polarizers.
- Couple the output of the polarizers to the input of the DUT.
- Couple the output of the DUT to the input of the polarimeter.
- Select the wavelength interval $\Delta\lambda$ over which the normalized Stokes parameters are to be measured. The maximum allowable value of $\Delta\lambda$ (around the nominal wavelength λ_0) is set by the requirement

$$\Delta\tau_{\max} \Delta\lambda \leq \frac{\lambda_0^2}{2c} \quad (1)$$

where $\Delta\tau_{\max}$ is the maximum expected DGD within $\lambda_0 \pm \Delta\lambda/2$. For example, the product of the maximum DGD and the wavelength interval shall remain less than 4 ps×nm at 1550 nm and less than 2,8 ps×nm at 1300 nm. This requirement ensures that from one test wavelength to the next, the output state of polarization rotates less than 180° about the principal states axis on the Poincaré sphere. If a rough estimate of $\Delta\tau_{\max}$ cannot be made, perform a series of sample measurements across the wavelength range, each measurement using a closely spaced pair of wavelengths appropriate to the spectral width and minimum tuning step of the optical source. Multiply the maximum DGD measured in this way by a safety factor of 3, substitute this value for $\Delta\tau_{\max}$ in the above expression and compute the value of $\Delta\lambda$ to be used in the actual measurement. If there is concern that the wavelength interval used for a measurement was too large, the measurement may be repeated with a smaller wavelength interval. If the shape of the curve of DGD versus wavelength and the mean DGD is essentially unchanged, the original wavelength interval was satisfactory.

- Gather the measurement data. At the selected wavelengths, insert each of the polarizers and record the corresponding normalized Stokes parameters from the polarimeter.
- Calculate the DOP from the measured normalized Stokes parameters to determine if the measurement is valid.

$$DOP = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2} \quad (2)$$

If the DOP is greater than 25 %, the measurement is valid. If the DOP is less than 25 %, increase the tuneable laser power and repeat step e).

6 Calculations

6.1 Jones matrix eigenanalysis calculations

From the normalized Stokes parameters, compute the response Jones matrix at each wavelength. For each wavelength interval, compute the product of the Jones matrix $T(\omega+\Delta\omega)$ at the higher optical frequency and the inverse Jones matrix $T^{-1}(\omega)$ at the lower optical frequency. The radian optical frequency ω is expressed in radians per second and is related to the optical frequency ν by $\omega = 2\pi\nu$.

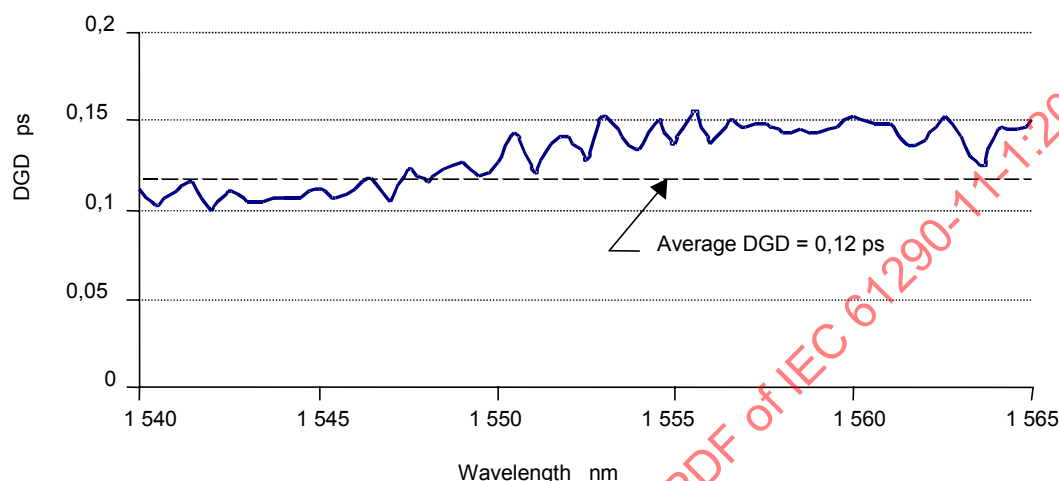
Find the DGD $\Delta\tau$ for the particular wavelength interval from the following expression:

$$\Delta\tau = \left| \frac{\text{Arg}\left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}{\Delta\omega} \right| \quad (3)$$

where ρ_1 and ρ_2 are the complex eigenvalues of $T(\omega+\Delta\omega) T^{-1}(\omega)$ and Arg denotes the argument function, that is $\text{Arg}(\eta e^{i\theta}) = \theta$. For the purposes of data analysis, each DGD value is taken to represent the differential group delay at the midpoint of the corresponding wavelength interval.

6.2 Display of DGD versus wavelength

Data arising from Jones matrix eigenanalysis calculations may be plotted in an x-y format with DGD on the vertical axis and wavelength on the horizontal axis as shown in Figure 2.



IEC 394/03

NOTE The DOP for this measurement ranges from 57 % to 79 %.

Figure 2 – Measurement example of the DGD for a typical optical amplifier

6.3 Average DGD

The expected PMD value of a single measurement is simply the average of the DGD measurement values corresponding to the wavelength intervals. If multiple measurements are performed under different conditions to increase the sample size, the ensemble average is used.

6.4 Maximum DGD

The maximum DGD is the maximum measured value over the wavelength range.

7 Test results

Report the following information for each test:

- the wavelength range over which the measurement was performed, and the wavelength step size (nm);
- the value of DGD at each wavelength (ps);
- the average DGD across the specified wavelength range (ps);
- the maximum DGD across the specified wavelength range (ps);
- the minimum DOP across the wavelength range;
- arrangement of the test set-up, including the type of tunable laser and its spectral linewidth;

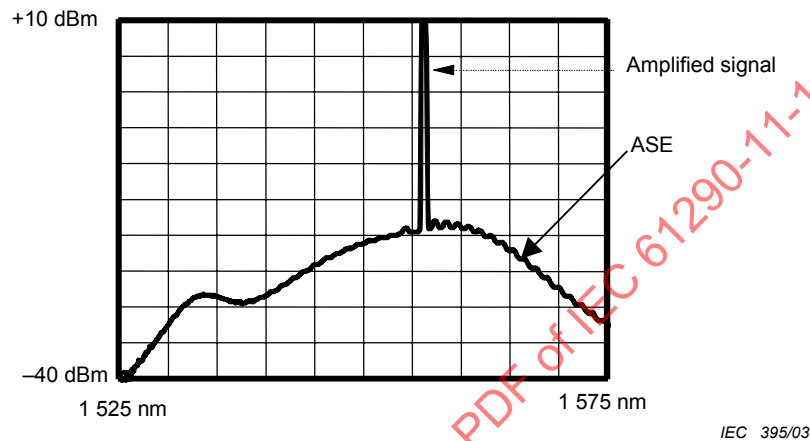
- g) an indication of the amplifier operating condition during measurement, for example, optical pump power (if applicable) for OFAs or electrical pump conditions (if applicable) for SOAs;
- h) ambient temperature (if required).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008

Annex A (informative)

Degree of polarization reduction due to optical amplifier ASE

In order for the polarimeter to measure the Stokes parameters accurately, the DOP of the measured signal must be greater than 25 %. The ASE generated in the DUT is unpolarized and therefore reduces the DOP of the highly polarized tunable laser source. Figure A.1 shows a typical OFA output spectrum as viewed on an OSA.



NOTE The OSA resolution bandwidth is 0,5 nm.

Figure A.1 – Spectrum of optical amplifier output

Assuming that the signal is highly polarized and the ASE is unpolarized, the DOP is given by the following equation:

$$DOP = \frac{P_s}{P_s + \int N(\lambda) d\lambda} \quad (\text{A.1})$$

where P_s is the amplified signal power and $N(\lambda)$ is the power spectral density of the ASE. The integral in the denominator is the total ASE power. For an OFA, the value of N at the signal wavelength can be calculated as follows:

$$N = FGh\nu \quad (\text{A.2})$$

where F is the OA noise factor, G is the gain, h is Plank's constant, and ν is the optical frequency. Typical values for a heavily saturated amplifier are as follows:

$$F = 4 \quad (6 \text{ dB})$$

$$G = 100 \quad (20 \text{ dB})$$

$$P_s = 10 \text{ mW} \quad (+10 \text{ dBm})$$

For $h\nu = 1,28 \times 10^{-19}$, N is calculated as follows:

$$N = 4 \times 100 \times 1,28 \times 10^{-19} = 5,12 \times 10^{-17} \text{ W/Hz} \sim 6,4 \times 10^{-6} \text{ W/nm} = -21,9 \text{ dBm/nm}.$$

Assuming a 30 nm bandwidth, the total ASE power is 0,19 mW = -7,2 dBm. Using Equation (A.1), DOP is calculated as $10/(10 + 0,19) = 98 \%$. This value is more than adequate for making DGD measurements.

However, if the signal level is lowered, the ASE rises. Below are typical values for an optical amplifier at a lower level of saturation:

$$F = 4 \quad (6 \text{ dB})$$

$$G = 1\,000 \quad (30 \text{ dB})$$

$$P_s = 1 \text{ mW} \quad (0 \text{ dBm})$$

$$N = 4 \times 1\,000 \times 1,28 \times 10^{-19} = 5,12 \times 10^{-16} \text{ W/Hz} \sim 6,4 \times 10^{-5} \text{ W/nm} = -11,9 \text{ dBm/nm}.$$

Again, assuming a 30 nm bandwidth, the total ASE power is 1,9 mW = +2,8 dBm. Using Equation (A.1), DOP is calculated as $1/(1+1,9) = 34 \%$. This is marginally adequate.

It is therefore critical to adequately saturate the optical amplifier to obtain a sufficiently high DOP.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008

Bibliography

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures– General and guidance*

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

IEC 60874-1, *Connectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*

IEC 61291-1, *Optical amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC 61291-4, *Optical amplifiers – Part 4: Multichannel applications – Performance specification template*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	15
1 Domaine d'application et objet.....	17
2 Références normatives.....	17
3 Acronymes, symboles et abréviations.....	18
4 Appareillage.....	18
4.1 Généralités.....	18
4.2 Laser accordable.....	19
4.3 Dispositif d'ajustage de la polarisation.....	19
4.4 Polariseurs.....	19
4.5 Optique d'entrée.....	19
4.6 Fibre amorce.....	19
4.7 Système de lentille optique.....	19
4.8 Optique de sortie.....	19
4.9 Polarimètre.....	19
5 Procédure.....	20
6 Calculs.....	20
6.1 Calculs des vecteurs propres de la matrice de Jones.....	20
6.2 Présentation de la DGD par rapport à la longueur d'onde.....	21
6.3 DGD moyen.....	21
6.4 DGD maximal.....	21
7 Résultats de l'essai.....	21
Annexe A (informative) Réduction du degré de polarisation du fait de l' ESA de l'amplificateur optique.....	23
Bibliographie.....	25
Figure 1 – Configuration schématique du matériel (type).....	18
Figure 2 – Exemple de mesure du DGD pour un amplificateur optique type.....	21
Figure A.1 – Spectre de sortie d'amplificateur optique.....	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**AMPLIFICATEURS OPTIQUES –
MÉTHODES D'ESSAIS –****Partie 11-1: Paramètre de dispersion du mode de polarisation –
Analyse des vecteurs propres de la matrice de Jones (JME)****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 toute 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 61290-11-1 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.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition, publiée en 2003; elle constitue une révision technique qui concerne particulièrement des types supplémentaires d'amplificateurs optiques. Elle inclut aussi une mise à jour des références.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86C/752/CDV	86C/786/RVC

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 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61290, sous le titre général *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essais*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAIS –

Partie 11-1: Paramètre de dispersion du mode de polarisation – Analyse des vecteurs propres de la matrice de Jones (JME)

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61290 s'applique à tous les amplificateurs optiques (AO) disponibles commercialement, y compris les amplificateurs à fibres optiques (AFO) utilisant des fibres actives, les amplificateurs optiques à semiconducteurs (AOS), et les amplificateurs optiques à guide d'onde planaire (PWOA: *planar waveguide optical amplifiers*).

La dispersion du mode de polarisation (DMP) provoque l'élargissement d'une impulsion optique dans le domaine temporel. Cet élargissement pourrait détériorer les qualités de fonctionnement d'un système de télécommunication. L'effet peut être lié à une différence dans la vitesse de groupe et dans les temps d'arrivée des différentes composantes de polarisation du signal correspondants. Pour une source à bande étroite, l'effet peut être lié au retard de groupe différentiel (DGD) entre les couples des principaux états de polarisation (PSP), polarisés de façon orthogonale. D'autres informations qui concernent la DMP en général se trouvent dans la CEI 61282-9, et celles qui concernent les AO en particulier se trouvent dans la CEI 61292-5.

La présente méthode d'essai décrit une procédure pour mesurer la DMP des AO. Le résultat de mesure est obtenu à partir de la mesure des paramètres de Stokes normalisés à deux longueurs d'onde à espacement serré.

La méthode d'essai décrite ici exige un signal polarisé à l'entrée du polarimètre avec un degré de polarisation (DOP: *degree of polarization*) d'au moins 25 %. Bien que la source d'essai soit hautement polarisée, le DOP à la sortie de l'AO est réduit par l'émission spontanée amplifiée (ESA). L'Annexe A analyse l'impact de l'ESA sur le DOP. Afin d'assurer la précision de la mesure, le DOP est mesuré en tant que partie de la procédure de mesure.

La méthode décrite ici s'est avérée être exempte de gain dépendant de la polarisation (PDG) et de perte dépendant de la polarisation (PDL) jusqu'à approximativement 1 dB.

Bien que la méthode d'essai par analyse des vecteurs propres de la matrice de Jones (JME) soit aussi en principe applicable aux AO non pompés (autrement dit, non alimentés), la technique JME de cette norme ne s'applique qu'aux AO pompés (autrement dit, alimentés).

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, c'est l'édition la plus récente du document référencé (y compris tous ses amendements) qui s'applique.

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

CEI/TR 61292-5, *Optical amplifiers – Part 5: Polarization mode dispersion parameter – General information* (disponible en anglais seulement)

3 Acronymes, symboles et abréviations

$\Delta\lambda$	Intervalle de longueur d'onde
$\Delta\tau$	Retard de groupe différentiel (DGD)
ν	Fréquence optique
ω	Fréquence optique angulaire
F	Facteur de bruit de l'AO
G	Gain
h	Constante de Plank
$N(\gamma)$	Densité spectrale de puissance de l'ESA
P_s	Puissance du signal amplifiée
ESA	Émission spontanée amplifiée
DGD	Retard de groupe différentiel (<i>Differential group delay</i>)
DOP	Degré de polarisation
DUT	Dispositif (amplificateur optique) en essai
JME	Analyse des valeurs propres de la matrice de Jones
AO	Amplificateur optique
AFO	Amplificateur à fibres optiques
PDG	Gain dépendant de la polarisation
PDL	Perte dépendant de la polarisation
PMD	Dispersion du mode de polarisation
PWOA	Amplificateur optique à guide d'onde planaire (<i>Planar waveguide optical amplifier</i>)
PSP	Etats de polarisation principaux
SOA	Amplificateur optique à semiconducteurs (<i>Semiconductor optical amplifier</i>)

4 Appareillage

4.1 Généralités

La Figure 1 ci-dessous représente un schéma des composants principaux d'un système de mesure typique.

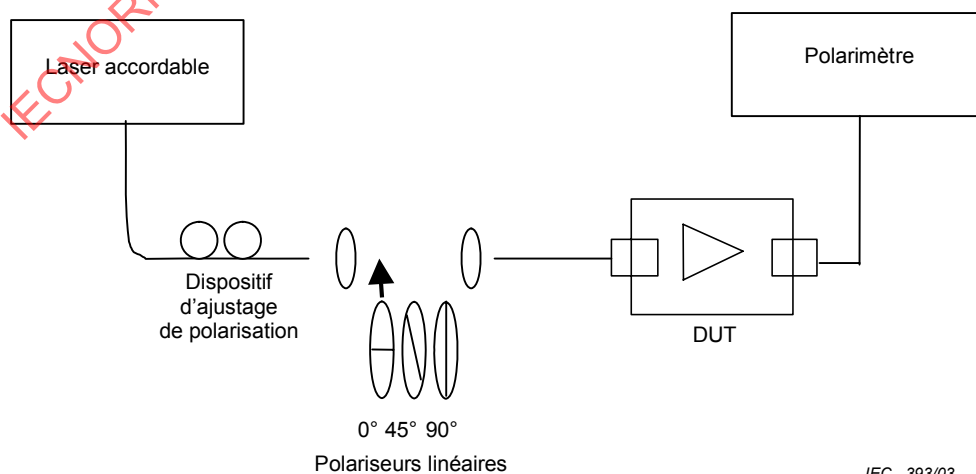


Figure 1 – Configuration schématique du matériel (type)

4.2 Laser accordable

Utiliser des lasers unifilaires ou des sources à bande étroite qui peuvent être modifiés ou réglés à travers la plage de longueurs d'onde de mesure prévue. La répartition spectrale doit être suffisamment étroite de sorte que la lumière sur le DUT demeure polarisée dans toutes les conditions de mesure.

4.3 Dispositif d'ajustage de la polarisation

Si la source est polarisée, un dispositif d'ajustage de la polarisation suit le laser et est réglé pour fournir en gros une lumière à polarisation circulaire aux polariseurs, de sorte que les polariseurs ne croisent jamais la polarisation avec la lumière d'entrée. Si la source est non polarisée, cela n'est pas nécessaire. Pour une source polarisée, régler la polarisation comme suit.

- a) Régler la longueur d'onde du laser accordable au centre de la plage à mesurer.
- b) Insérer chacun des trois polariseurs dans le faisceau et réaliser les trois mesures de puissance correspondantes à la sortie du polariseur.
- c) Régler la polarisation de la source par le dispositif d'ajustage de polarisation de telle sorte que les trois puissances se situent approximativement à 3 dB l'une de l'autre.

Dans une version du montage à faisceau ouvert, des lames d'onde peuvent réaliser le réglage de polarisation.

4.4 Polariseurs

Trois polariseurs linéaires à des angles relatifs d'approximativement 45° sont disposés pour être insérés dans le faisceau de lumière chacun leur tour. Les angles relatifs réels doivent être connus.

4.5 Optique d'entrée

Un système de lentille optique ou une fibre amorce unimodale peut être employé pour exciter le DUT.

4.6 Fibre amorce

Si des fibres amorces sont utilisées, il convient d'éviter les effets d'interférence du fait de réflexions. Cela peut nécessiter des matériaux adaptateurs d'indice ou des clivages angulaires. Les fibres amorces doivent être unimodales.

4.7 Système de lentille optique

Si un système de lentille optique est utilisé, certains moyens adaptés, tels qu'une plaquette à vide, doivent être utilisés pour soutenir de façon stable l'extrémité d'entrée de la fibre.

4.8 Optique de sortie

Coupler toute la puissance émise à partir de la fibre d'essai au polarimètre. Un système de lentille optique, une épissure aboutée à une fibre amorce unimodale, ou un couplage à adaptation d'indice effectué directement sur le détecteur sont des exemples de moyens qui peuvent être utilisés.

4.9 Polarimètre

Utiliser un polarimètre pour mesurer les trois états de sortie de polarisation correspondant à l'insertion de chacun des trois polariseurs. La plage de longueurs d'onde du polarimètre doit inclure les longueurs d'onde produites par la source de lumière.

5 Procédure

- Coupler la source de lumière par le dispositif de réglage de polarisation aux polariseurs.
- Coupler la sortie des polariseurs à l'entrée du DUT.
- Coupler la sortie du DUT à l'entrée du polarimètre.
- Sélectionner l'intervalle de longueur d'onde $\Delta\lambda$ sur lequel les paramètres de Stokes normalisés doivent être mesurés. La valeur maximale admissible de $\Delta\lambda$ (autour de la longueur d'onde nominale λ_0) est réglée par l'exigence

$$\Delta\tau_{\max} \Delta\lambda \leq \frac{\lambda_0^2}{2c} \quad (1)$$

où $\Delta\tau_{\max}$ est le DGD maximal attendu dans $\lambda_0 \pm \Delta\lambda/2$. Par exemple, le produit du DGD maximal et de l'intervalle de longueur d'onde doit demeurer inférieur à 4 ps×nm à 1 550 nm et inférieur à 2,8 ps×nm à 1 300 nm. Cette exigence assure que, d'une longueur d'onde d'essai à la suivante, l'état de polarisation en sortie subit une rotation inférieure à 180 ° autour de l'axe des états principaux sur la sphère de Poincaré. Si aucune estimation approximative de $\Delta\tau_{\max}$ ne peut être effectuée, exécuter une série d'échantillons de mesures à travers la plage de longueurs d'onde, chaque mesure utilisant une paire de longueurs d'onde à espacement serré appropriée à la largeur spectrale et au pas de réglage minimal de la source spectrale. Multiplier le DGD maximal mesuré de cette façon par un facteur de sécurité de 3, substituer cette valeur à $\Delta\tau_{\max}$ dans l'expression ci-dessus et calculer la valeur de $\Delta\lambda$ à utiliser dans la mesure réelle. S'il existe une inquiétude que l'intervalle de longueur d'onde utilisé pour une mesure est trop grande, la mesure peut être répétée en utilisant un intervalle de longueur d'onde plus petit. Si la forme de la courbe du DGD par rapport à la longueur d'onde et le DGD moyen sont essentiellement inchangés, l'intervalle de longueur d'onde original est satisfaisant.

- Rassembler les données de mesure. Aux longueurs d'onde sélectionnées, insérer chacun des polariseurs et enregistrer les paramètres de Stokes normalisés correspondants obtenus du polarimètre.
- Calculer le DOP à partir des paramètres de Stokes normalisés mesurés pour déterminer si la mesure est valide.

$$DOP = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2} \quad (2)$$

Si le DOP est supérieur à 25 %, la mesure est valable. Si le DOP est inférieur à 25 %, augmenter la puissance du laser accordable et répéter l'étape e).

6 Calculs

6.1 Calculs des vecteurs propres de la matrice de Jones

A partir des paramètres de Stokes normalisés, calculer la matrice de Jones de la réponse à chaque longueur d'onde. Pour chaque intervalle de longueur d'onde, calculer le produit de la matrice de Jones $T(\omega+\Delta\omega)$ à la fréquence optique supérieure et la matrice de Jones inverse $T^{-1}(\omega)$ à la fréquence optique inférieure. La fréquence optique angulaire ω est exprimée en radians par seconde et est liée à la fréquence optique ν par $\omega = 2\pi\nu$.

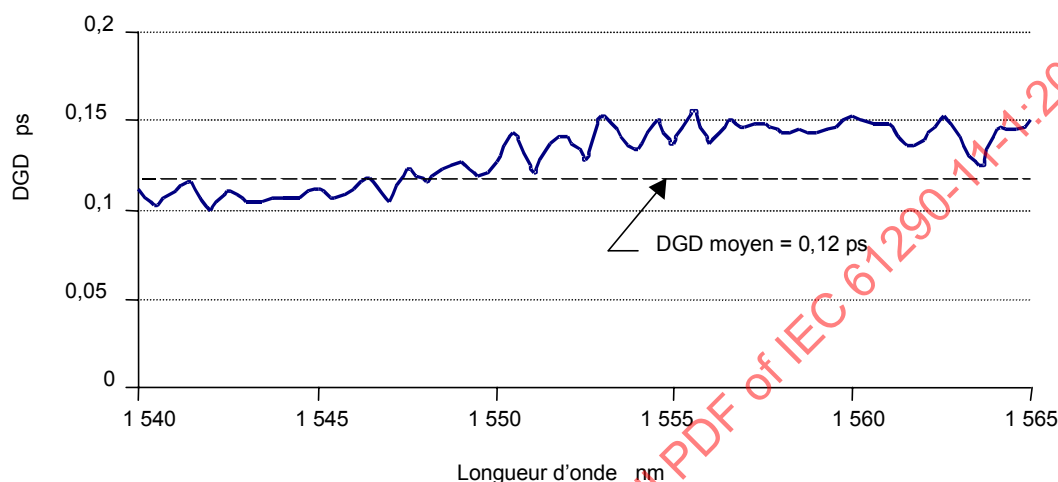
Trouver le DGD $\Delta\tau$ pour l'intervalle de longueur d'onde particulier à partir de l'expression suivante:

$$\Delta\tau = \left| \frac{\text{Arg}\left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}{\Delta\omega} \right| \quad (3)$$

où ρ_1 et ρ_2 sont les valeurs propres complexes de $T(\omega+\Delta\omega) T^{-1}(\omega)$ et Arg indique la fonction argument, qui est $\text{Arg}(\eta e^{i\theta}) = \theta$. Pour les besoins de l'analyse des données, chaque valeur de DGD est prélevée pour représenter le retard de groupe différentiel au point moyen de l'intervalle de longueur d'onde correspondant.

6.2 Présentation de la DGD par rapport à la longueur d'onde

Les données provenant des calculs de l'analyse des vecteurs propres de la matrice de Jones peuvent être tracées dans un format x-y avec le DGD sur l'axe vertical et la longueur d'onde sur l'axe horizontal comme l'illustre la Figure 2.



IEC 394/03

NOTE Le DOP pour cette mesure est compris entre 57 % et 79 %.

Figure 2 – Exemple de mesure du DGD pour un amplificateur optique type

6.3 DGD moyen

La valeur de PMD attendue d'une mesure unique est simplement la moyenne des valeurs de mesure du DGD correspondant aux intervalles de longueurs d'onde. Si plusieurs mesures sont réalisées sous différentes conditions pour augmenter la quantité d'échantillons, on utilise la moyenne de l'ensemble.

6.4 DGD maximal

Le DGD maximal est la valeur mesurée maximale sur la plage de longueur d'onde.

7 Résultats de l'essai

Consigner les informations suivantes pour chaque essai:

- la plage de longueurs d'onde sur laquelle la mesure a été réalisée, et la taille du pas de longueur d'onde (nm);
- la valeur de DGD à chaque longueur d'onde (ps);
- le DGD moyen sur la plage de longueur d'onde spécifiée (ps);
- le DGD maximal sur la plage de longueur d'onde spécifiée (ps);
- le DOP minimal sur la plage de longueurs d'onde;
- l'arrangement du montage d'essai, y compris le type de laser accordable et sa largeur de raie spectrale;

- g) une indication de la condition de fonctionnement de l'amplificateur pendant la mesure, par exemple la puissance de la pompe optique (si applicable) pour les AFO ou les conditions de pompage électrique pour les SOA;
- h) la température ambiante (si exigée).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-11-1:2008