

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures –**

**Part 3-2: Examination and measurements – Polarization dependent loss in a single-mode fibre optic device**

**Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –  
Procédures fondamentales d'essais et de mesures –**

**Partie 3-2: Examen et mesures – Perte en fonction de la polarisation dans un dispositif pour fibres optiques unimodales**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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.

#### Useful links:

IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

### 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.

#### Liens utiles:

Recherche de publications CEI - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures –  
Part 3-2: Examination and measurements – Polarization dependent loss in a single-mode fibre optic device**

**Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –  
Procédures fondamentales d'essais et de mesures –  
Partie 3-2: Examen et mesures – Perte en fonction de la polarisation dans un dispositif pour fibres optiques unimodales**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

P

ICS 33.180.20

ISBN 978-2-8322-0928-8

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

## CONTENTS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                         | 3  |
| 1 Scope and object.....                                                               | 5  |
| 2 Normative references .....                                                          | 5  |
| 3 Measurement methods .....                                                           | 5  |
| 3.1 All states method.....                                                            | 5  |
| 3.2 Mueller matrix method .....                                                       | 6  |
| 4 Apparatus.....                                                                      | 7  |
| 4.1 Optical source (S) .....                                                          | 7  |
| 4.2 Temporary joint (TJ).....                                                         | 7  |
| 4.3 Polarization state change system (PSCS).....                                      | 8  |
| 4.3.1 All states method.....                                                          | 8  |
| 4.3.2 Mueller matrix method .....                                                     | 9  |
| 4.4 Reference branching device (RBD) (optional).....                                  | 9  |
| 4.5 Detectors (D).....                                                                | 9  |
| 4.6 Data read-out / recording / processing devices .....                              | 10 |
| 5 Procedure .....                                                                     | 10 |
| 5.1 Preparation of specimens .....                                                    | 10 |
| 5.2 Pre-conditioning .....                                                            | 10 |
| 5.3 Initial measurements .....                                                        | 10 |
| 5.4 Test precautions.....                                                             | 10 |
| 5.5 Reference measurement .....                                                       | 10 |
| 5.6 Device measurement.....                                                           | 11 |
| 6 Data analysis.....                                                                  | 12 |
| 6.1 All states method.....                                                            | 12 |
| 6.2 Mueller matrix method .....                                                       | 13 |
| 7 Details to be specified .....                                                       | 14 |
| Annex A (informative) Measurement uncertainties .....                                 | 15 |
| Figure 1 – Polarization mapping of deterministic and pseudo-random techniques .....   | 6  |
| Figure 2 – Measurement apparatus.....                                                 | 7  |
| Figure 3 – Examples of PSCS for the all states method (deterministic and random)..... | 8  |
| Figure 4 – Polarization state change system (example).....                            | 9  |
| Figure 5 – Reference measurement apparatus.....                                       | 11 |
| Figure A.1 – All states apparatus uncertainty (example: see text for details) .....   | 15 |
| Figure A.2 – Alternate apparatus for Mueller Matrix .....                             | 16 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES  
AND PASSIVE COMPONENTS –  
BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –****Part 3-2: Examination and measurements –  
Polarization dependent loss in a single-mode fibre optic device**

## 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 61300-3-2 has been prepared by subcommittee 86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999. It constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- This edition includes both the all-states method of the previous edition as well as the Mueller matrix method from IEC 61300-3-12.

This bilingual version (2013-07) corresponds to the monolingual English version, published in 2009-01.

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

|               |                  |
|---------------|------------------|
| FDIS          | Report on voting |
| 86B/2783/FDIS | 86B/2811/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

A 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.

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

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.

**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 3-2: Examination and measurements – Polarization dependent loss in a single-mode fibre optic device**

### **1 Scope**

This part of IEC 61300 specifies measurement methods to determine the dependence of loss in a single-mode fibre optic device to changes in polarization. This procedure focuses on measurements with a fixed wavelength source; therefore, this procedure is applicable to devices whose properties at a single wavelength can represent those over the broader wavelength band. Typical examples of such devices are single-mode interconnecting devices and passive components, including connectors, splices, branching devices, attenuators, isolators, and switches. The maximum observed variation in transmission loss is referred to as polarization-dependent-loss (PDL).

This standard applies to broadband devices and not to narrow-band devices like filters and multiplexers. The reader is referred to IEC 61300-3-29 for such measurements.

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

### **3 Measurement methods**

Two methods for measuring polarization-dependent-loss are described. The all states method determines the maximum variation in transmission loss by stimulating with a representative set of all possible polarization states including linear, circular, and elliptical. The Mueller matrix method determines the sensitivity using a set of fixed states and applying the Mueller matrix mathematical analysis.

This procedure originally consisted of only one method, but has been updated to incorporate the technique previously described by IEC 61300-3-12<sup>1</sup>. That standard will be discontinued.

#### **3.1 All states method**

In this method, the PDL is determined by rotating the source polarization over a representative set of all possible polarization states while monitoring the transmission

---

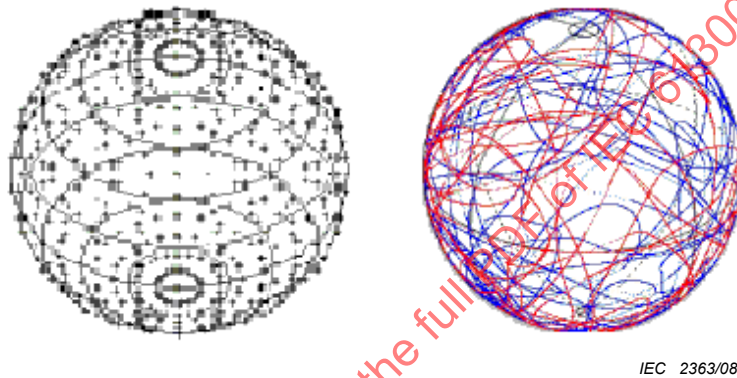
<sup>1</sup> IEC 61300-3-12, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-12: Examinations and measurements – Polarization dependence of attenuation of a single-mode fibre optic component: Matrix calculation method*

response of the device using a power meter. The rotation can be accomplished in either a deterministic or a pseudo-random fashion.

The term “deterministic” refers to techniques that scan a large subset of the entire polarization state space in a repeatable way. This method scans the Poincaré sphere along predetermined trajectories to produce a good approximation of full sphere coverage.

The term “pseudo-random” refers to techniques that scan the polarization through a pseudo-random variation of retardance in the optical path, usually using the distributed retardance of optical fibre loops in motion.

Figure 1 shows the difference in coverage between the two techniques. In either case, the accuracy of the method is dependent on the degree of coverage over the Poincaré sphere due to the combination of the states generated by the polarization controller and the response time of the power detector with respect to the polarization scan rate.



IEC 2363/08

**Figure 1 – Polarization mapping of deterministic and pseudo-random techniques**

### 3.2 Mueller matrix method

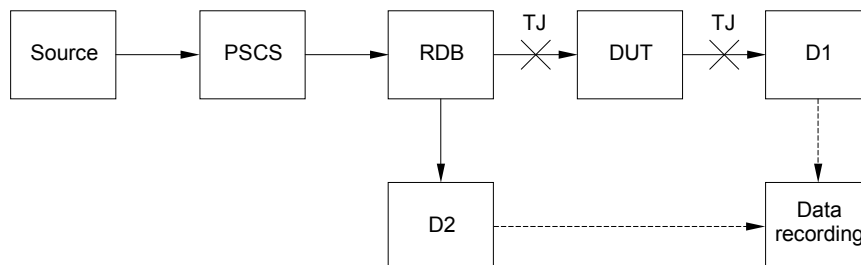
The Mueller matrix method involves the measurement of the behaviour of a device under test, DUT, when illuminated by a small set of well-defined states of polarization of input light. These measurements are followed by a matrix calculation to determine the PDL of the DUT. Generally, there are two matrix formalisms that can describe and quantify the polarization behaviour of light based on Mueller and Jones calculus respectively. For fully polarized light, as required for the PDL measurements, the Mueller and Jones formalisms are equivalent. Since measurements with polarization instrumentation on only one side of the DUT directly obtain the necessary elements of the Mueller matrix, that is elements corresponding to power ratios rather than field amplitude and phase, the test procedure described here uses Mueller mathematics to determine PDL.

The Mueller matrix formalism entails an optical power representation of the performance of components. This matrix is a square 16-element matrix. Here, the state of polarization (SOP) of light is described as a 4-element Stokes vector. The Stokes vector of the incident light multiplied by the Mueller matrix of the DUT gives the Stokes vector of the output light, and this output light may be from transmission, reflection or scattering. In the determination of PDL of a component using Mueller matrices, it is normally not necessary to determine the full Mueller matrix but rather only the first row of the matrix, which provides complete information on light intensity but not on the resultant state of polarization.

The accuracy of the method is dependent on the source wavelength stability, the system signal to noise ratio, and the drift in system birefringence.

## 4 Apparatus

The basic apparatus for making PDL measurements is shown in Figure 2.



IEC 2364/08

**Figure 2 – Measurement apparatus**

The apparatus consists of the following devices.

### 4.1 Optical source (S)

An optical source capable of producing the spectral characteristics defined in the relevant specification (both wavelength and spectral width) shall be used. Unless otherwise specified in the relevant specification, the spectral width shall be appropriate for the degree of wavelength resolution required.

The source power must be capable of meeting the dynamic range requirements of the measurement when combined with the detector sensitivity.

The source must be polarized to at least 13 dB extinction ratio, unless otherwise specified in the relevant specification. An extinction ratio of 20 dB may be used to assure that this parameter makes no significant contribution to the measurement uncertainty. If the source is not already polarized to this level, a polarizer should be used to maintain this extinction ratio over the range of wavelengths of the measurement.

The optical power stability, degree of polarization (DOP), state of polarization (SOP) stability, and wavelength stability of the source shall be sufficient to achieve the desired measurement accuracy over the duration of the measurement. For some applications, a narrow linewidth source such as a single longitudinal mode laser may be used though care shall be exercised to prevent back-reflections that could lead to multi-path interference and resulting spurious PDL.

The output from this source is either via a single-mode fibre or a coupling system capable of launching into a single-mode fibre. Care shall be taken that only the fundamental transverse mode of the fibre is propagating as outlined in Clause 5.

NOTE Multimode lasers may not provide sufficient polarization stability for this measurement.

### 4.2 Temporary joint (TJ)

This is a method, device, or mechanical fixture for temporarily aligning two fibre ends into a reproducible, low-loss, low-PDL joint. This may be mechanical connectors, mechanical splices, a direct optical launch into the pigtail, or a splice onto the source's pigtail. Typically, a fusion splice is used after the polarization controller since mechanical connections may exhibit some polarization sensitivity if the end-faces are not perpendicular to the fibre axis. The stability and insertion loss of the temporary joint shall be compatible with the required measurement precision and dynamic range, respectively.

### 4.3 Polarization state change system (PSCS)

The selection of the PSCS will be dependent upon the test method selected.

#### 4.3.1 All states method

For the all states method, the polarization state adjuster is used to vary the polarization of the input signal over the entire Poincaré sphere. This may be done by continually adjusting a quarter-wave/half-wave retarder pair placed in the optical path in a well-defined phase relationship (deterministic) or by using a polarization scrambler (pseudo-random, e.g. consisting of three or more movable fibre loops). Some examples are provided as follows:

##### – bulk optics elements

This may be formed by a cascade of three polarization selective optical elements (only two optical elements may be sufficient if the state of polarization before the polarization adjuster is already established by the source). The alignment of the system shall be adequate to ensure the reproducibility of launched power for the same orientation of the optical elements. The example in Figure 3a shows a linear polarizer P, half-wave retardation plate H, and a quarter-wave retardation plate Q mounted on rotation stages and inserted into a collimated optical path.

##### – in-line all-fibre polarization adjusters

This may be formed by a cascade of three rotatable mandrels around which single-mode optical fibre is wound. This solution is shown in Figure 3b.

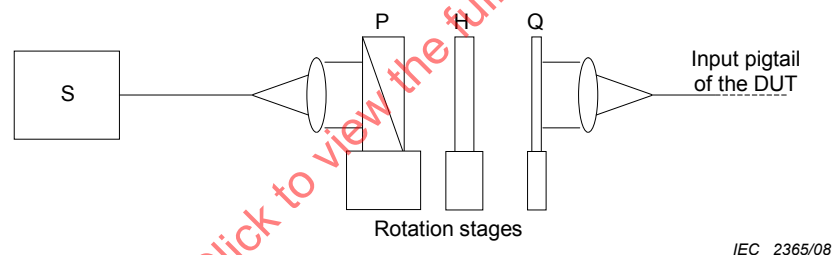


Figure 3a – Bulk optic PSCS

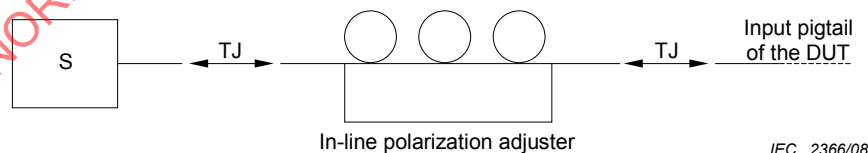


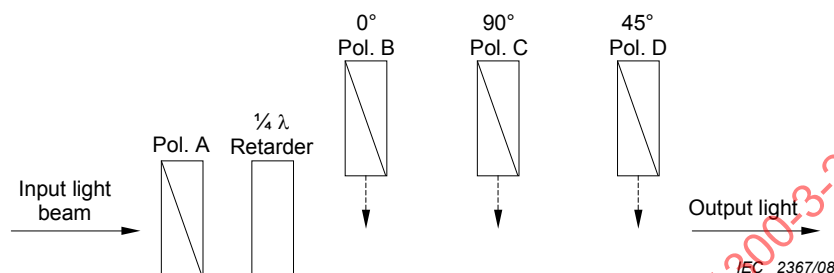
Figure 3b – In-line fibre PSCS

Figure 3 – Examples of PSCS for the all states method (deterministic and random)

The accuracy of the all states method is highly dependent upon the ability of the PSCS and detector combination to sufficiently sample the polarization space and the stability of the PSCS insertion loss as the polarization is varied. Annex A discusses the uncertainty associated with the all states method.

#### 4.3.2 Mueller matrix method

For the Mueller matrix method, the PSCS is the means by which the launch light can be conditioned into several well-defined states of polarization representing linearly independent Stokes vectors. Although any such states can be used, a typical choice is the set of linear horizontal, linear vertical, linear diagonal, and right hand circular. The equations of 6.2 are based on this choice. The required accuracy of determining the four states depends on the required PDL accuracy; as a guideline an accuracy of  $< \pm 0,5^\circ$  is proposed. An example of this system is shown in Figure 4.



**Figure 4 – Polarization state change system (example)**

This arrangement can launch four states of polarization consisting of circularly polarized light plus three linearly polarized states oriented at  $45^\circ$  with respect to each other. The input light is first conditioned to a highly linearly polarized state by a polarizer (A). It is then converted to circular polarization by a quarter-wave retarder oriented at  $45^\circ$  to the polarizer. The three linear states of polarization can be created sequentially by sequentially inserting the three polarizers labelled B, C, and D into the beam. Polarizers B, C, and D are oriented at  $45^\circ$  with respect to each other when they are in the beam. The alignment of the system shall be adequate to ensure the reproducibility of launched power for the same orientation of the polarizers.

Other means to reproducibly adjust the state of polarization are permitted, for example using bulk optical elements like in Figure 3a, or using liquid crystal variable retarders or pre-programmed fibre polarization controllers.

#### 4.4 Reference branching device (RBD) (optional)

This is a device that transfers power from the input port to two output ports with approximately a 50:50 or other suitable coupling ratio. The optimum ratio will depend on the signal level available and the power sensitivity of the reference detector. Unless otherwise specified, it shall exhibit less than 10 % of the minimum polarization dependence specified as acceptable. Note that the dynamic range of the measurement will be dependent on the coupling ratio.

The use of the RBD is optional as it is only suggested to use a source power monitor. If the source power is stable to an order of magnitude better than the DUT PDL to be measured, it can be omitted.

#### 4.5 Detectors (D)

All detectors used shall have sufficient dynamic range to make the measurement in conjunction with the rest of the measurement apparatus. The detectors shall have a polarization sensitivity that is an order of magnitude better than the measurement to minimize the error. If required, a depolarizer may be used after the DUT and before the detector to achieve the required accuracy.

The detectors shall be linear over the optical power levels expected to be encountered. Any detector nonlinearity and polarization dependence contributes directly to measurement error. Therefore, it is important that the detector and associated amplification circuits exhibit good

linearity over all measurement ranges. Measures shall be taken to ensure that the power density at the detector is always sufficiently below the saturation level of the detector. It is recommended to operate at least 3 dB below the saturation level, defined as the power level at which the relative accuracy specification of the measurement equipment is exceeded. In this case, the amplifier usually contributes the most to nonlinearity, particularly when the transimpedance is changed as the ranges are switched. Measurement of low PDL values can usually be achieved without changing ranges.

The detector(s) shall have sufficient active area and be placed sufficiently close to the output to capture all of the light exiting the output fibre of the DUT.

For the all states method if the polarization is scanned continuously, the detectors shall be able to measure power quickly enough, in relation to the polarization scanning rate, such that the measured values correspond to well resolved states of polarization. This is usually determined by the bandwidth and the averaging time of the detectors.

#### **4.6 Data read-out / recording / processing devices**

These provide a means to collect the transmitted power as the state of polarization is scanned, to perform the calculations, and to report the results at the end of the test. A computer-based system may be used to fulfil this data acquisition and analysis function.

### **5 Procedure**

#### **5.1 Preparation of specimens**

Prepare and clean the specimen in accordance with the manufacturer's instructions.

#### **5.2 Pre-conditioning**

No pre-conditioning is required for this measurement unless otherwise specified in the relevant specification.

#### **5.3 Initial measurements**

Complete initial examinations and measurements on the specimen as required by the relevant specification.

#### **5.4 Test precautions**

Movement of any of the fibres during the measurement may affect the SOP and lead to measurement error. Therefore, care shall be taken to ensure that no movement of the fibres or apparatus is allowed. This is particularly true for the Mueller matrix method and is generally less of an issue for the all states method.

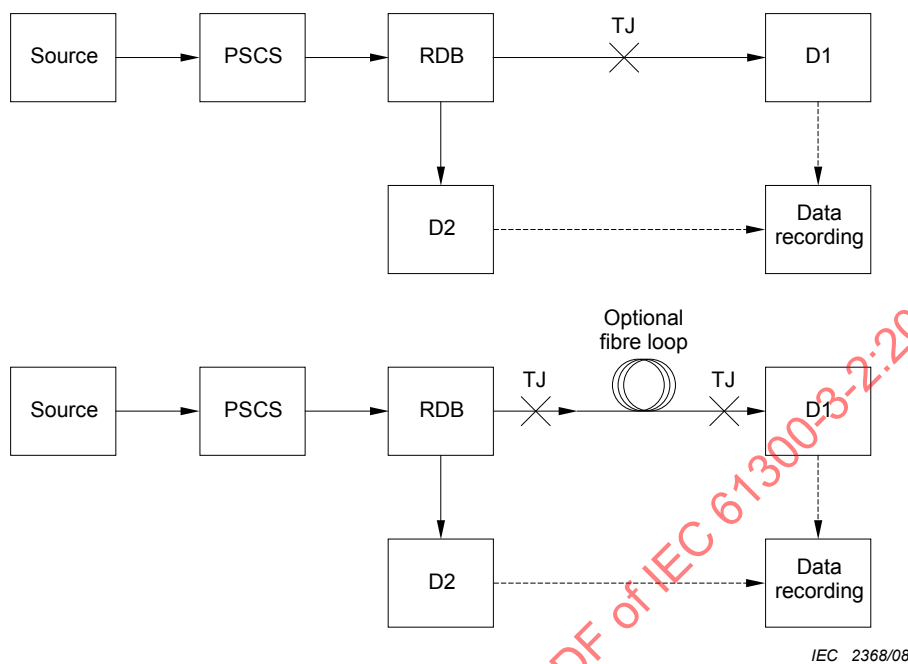
Cladding modes shall be stripped at the entry and exit ports of each element of the apparatus. If this is not accomplished by the fibre coating, cladding mode strippers are required.

#### **5.5 Reference measurement**

Starting with the apparatus as shown in Figure 2, remove the DUT from the set-up as shown in Figure 5. The DUT may be completely removed as shown in the upper setup of Figure 5 or a fibre loop of length equivalent to the length of the pigtails on the device may be substituted as shown in the lower setup of Figure 5. In either case, none of the apparatus test cables should be removed during this step.

Begin with the PSCS set to the first polarization state, and collect the power in watts from D1 and (if used) D2.

Rotate the PSCS through all SOP to be used in the measurement method and collect the power from D1 and D2 for each point.



**Figure 5 – Reference measurement apparatus**

The reference shall be recorded for each measurement point  $i$  as

$$P_{ref}(i) = \frac{P_1(i)}{P_2(i)} \quad (1)$$

where

$P_1$  is the power reading at D1; and

$P_2$  is the power reading at D2

or if D2 is not used, then

$$P_{ref}(i) = P_1(i) \quad (2)$$

## 5.6 Device measurement

Reconfigure the apparatus as shown in Figure 2.

Begin with the PSCS set to the first polarization state, and collect the power in watts from D1 and (if used) D2.

Rotate the PSCS through all SOP to be used in the measurement method and collect the power from D1 and D2 for each point.

The DUT measurement shall be recorded for each measurement point as

$$P_{msd}(i) = \frac{P_1(i)}{P_2(i)} \quad (3)$$

where

$P_1$  is the power reading at D1; and

$P_2$  is the power reading at D2

or if D2 is not used, then

$$P_{msd}(i) = P_1(i) \quad (4)$$

## 6 Data analysis

### 6.1 All states method

For the all states method, if the sampled polarization states of the measurement can be assigned to those of the reference, then calculate the transmission for each data point as:

$$T(i) = \frac{P_{msd}(i)}{P_{ref}(i)} \quad (5)$$

Calculate the PDL (maximum delta) and average insertion loss, IL, expressed in dB, as:

$$PDL = 10 \times \log_{10}(T_{max} / T_{min}) \quad (6)$$

$$IL = -10 \times \log_{10}((T_{max} + T_{min}) / 2) \quad (7)$$

where

$T_{max}$  is the maximum value for all  $T(i)$  and

$T_{min}$  is the minimum value for all  $T(i)$ .

If the reference and measurement samples are not made at the same polarization states, as with pseudo-random scanning, then the transmission cannot be separately calculated for each sample. In this case calculate PDL as

$$PDL = 10 \times \log_{10}(P_{msd,max} / P_{msd,min}) \quad (8)$$

and calculate the PDL of the setup as

$$PDL_{setup} = 10 \times \log_{10}(P_{ref,max} / P_{ref,min}) \quad (9)$$

where

$P_{msd,max}$  is the maximum value for all  $P_{msd}(i)$ ;

$P_{msd,min}$  is the minimum value for all  $P_{msd}(i)$ ;

$P_{ref,max}$  is the maximum value for all  $P_{ref}(i)$ ;

$P_{ref,min}$  is the minimum value for all  $P_{ref}(i)$ .

The  $PDL_{setup}$  is then a contribution to the measurement uncertainty and the setup should be designed to minimize this.

## 6.2 Mueller matrix method

For the Mueller matrix method, the set of states of polarization described in 3.2 shall be generated during the reference and measurement processes.

From these states, it is required to generate the first row of the Mueller matrix using the Stokes parameters.

For the case where the four states used are: linear horizontal ( $i = 1$ ), linear vertical ( $i = 2$ ), linear diagonal ( $i = 3$ ), and right hand circular ( $i = 4$ ); the calculation proceeds as follows.

Calculate the DUT transmission factors as:

$$T(1) = \frac{P_{msd}(1)}{P_{ref}(1)} \quad (10)$$

$$T(2) = \frac{P_{msd}(2)}{P_{ref}(2)} \quad (11)$$

$$T(3) = \frac{P_{msd}(3)}{P_{ref}(3)} \quad (12)$$

$$T(4) = \frac{P_{msd}(4)}{P_{ref}(4)} \quad (13)$$

Next calculate the first row of the Mueller matrix as:

$$m_{11} = (T(1) + T(2)) / 2 \quad (14)$$

$$m_{12} = (T(1) - T(2)) / 2 \quad (15)$$

$$m_{13} = T(3) - m_{11} \quad (16)$$

$$m_{14} = T(4) - m_{11} \quad (17)$$

Calculate the maximum and minimum transmission factors as:

$$T_{max} = m_{11} + \sqrt{m_{12}^2 + m_{13}^2 + m_{14}^2} \quad (18)$$

$$T_{min} = m_{11} - \sqrt{m_{12}^2 + m_{13}^2 + m_{14}^2} \quad (19)$$

Calculate the PDL and average insertion loss, IL, of the DUT, expressed in dB, as:

$$\text{PDL} = 10 \times \log_{10}(T_{max} / T_{min}) \quad (20)$$

$$\text{IL} = -10 \times \log_{10}(m_{11}) \quad (21)$$

## 7 Details to be specified

The following details, as applicable, shall be specified in the relevant specification:

- source peak wavelength and spectral width;
- degree of polarization of the source;
- description of polarization state change system;
- effective sphere coverage of apparatus if all states method is used;
- description of the reference branching device;
- pigtail lengths;
- measurement accuracy requirements;
- measurement method selected;
- reference method selected;
- any deviations from this test method.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-2:2009

## Annex A (informative)

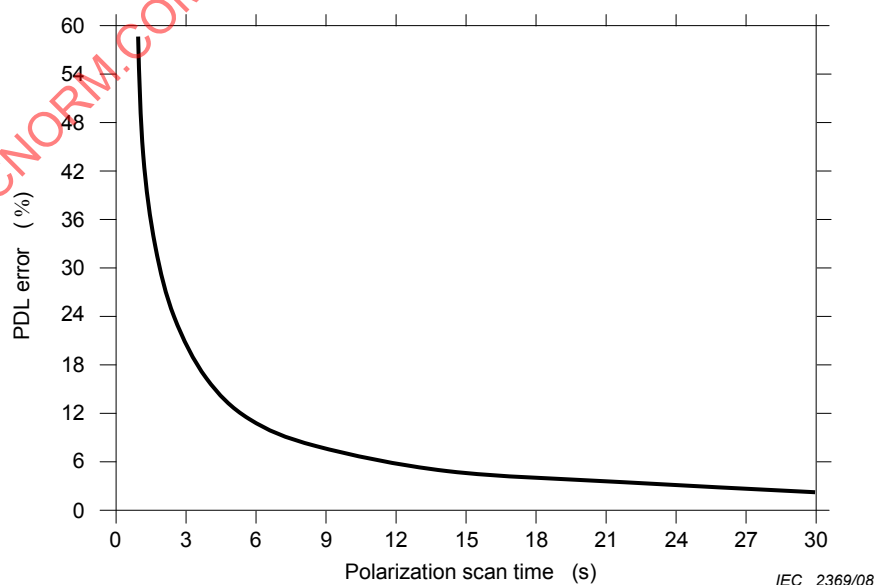
### Measurement uncertainties

#### A.1 All states method

For the all states method, the polarization scrambler used must be able to convert a fixed input polarization state from a stable optical source into all possible output polarization states. The PSCS may operate in either a step mode or a continuous scanning mode. In either case the accuracy is a function of the degree of sphere coverage and the ability of the apparatus to resolve unique states of polarization for measurement. As this is the case, the PSCS scan time and the response time of the detector weigh heavily upon the system accuracy.

In general, there are two scanning rate parameters of the polarization scrambler that influence accuracy. First, the amount of change in SOP over the averaging time of the detector determines the polarization resolution of the setup. If this change is too large, the samples will not determine the maximum and minimum values to sufficient accuracy. This can be improved by either changing the scan rate or the detector averaging time. Second is the amount of time to sufficiently cover all states of polarization. The relationship between total measuring time and SOP coverage depends on the method of polarization scanning. If the PSCS changes the SOP in a random way, then the coverage is determined statistically and generally continues to increase with longer measuring time. If the PSCS changes in a deterministic way, it may be repetitive and the coverage does not increase after the full scanning cycle has been completed.

To establish system accuracy, a polarization analyser can be used to monitor the SOPs generated for either the deterministic or pseudo-random techniques. As an example, the error dependence on run time was calculated (Figure A.1) for the case of a commercial fibre loop scrambler running at a rate that covers the sphere to 95 % accuracy in 10 s using a detector with a 20 ms averaging time. It is important to realise that because of internal system drift, extremely long scans may be counterproductive and the measurement error may begin to increase.



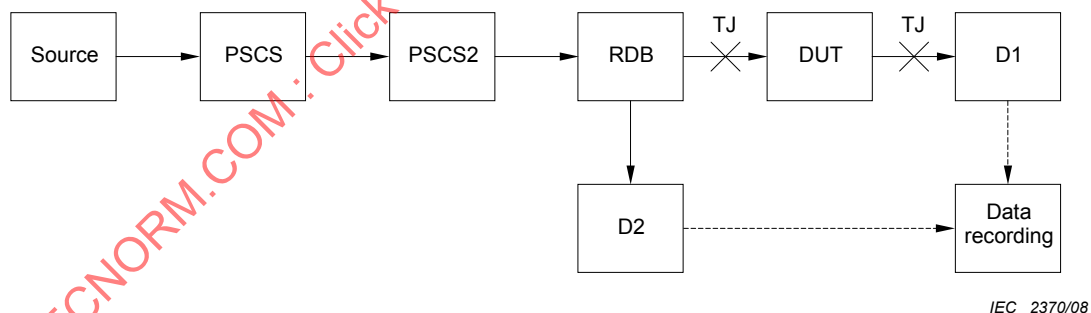
**Figure A.1 – All states apparatus uncertainty (example: see text for details)**

The influence of source stability and detector polarization dependence can usually be determined easily by evaluating the variation in power values from the reference measurement of 5.5.

## A.2 Mueller matrix method

This method is also subject to certain restrictions in order to produce consistently meaningful results. Significant uncertainty and inaccuracy may be observed when measurement system components such as the PSCS and the detectors (D1 and D2) exhibit PDL of the same magnitude as the test DUT and when the DUT is terminated with long pigtails possessing non-negligible birefringence. In addition to internal stress, external coiling in the pigtails produces stress birefringence in an amount proportional to the coil radius. Stress birefringence generates optical path retardance that alters the relative orientations of the PDL axes of the PSCS, the DUT and the detector D1. This additional retardance is sometimes irrelevant in the all-states approach but leads to a non-removable calibration uncertainty in a four-state measurement. Large static lead birefringence removes required polarization symmetry between initial baseline measurements without the DUT in place and the final measurement with the DUT in place. The net effect of large static birefringence is to scale the PDL by different factors in the baseline and final measurements. In addition, the dynamic lead birefringence of long interconnecting fibres alters the baseline PDL level during the course of extended measurements.

To minimize these problems, the following recommendations are made. Use short, straight leads anchored to a surface for interconnections where possible along with detectors of low intrinsic PDL (<10 % expected specimen value) and limit measurement time between baseline measurements. When these conditions are not possible, the orientation of the fibre leads should be randomised between complete measurements and the measurements averaged in order to minimize the lead birefringence effects. Note that the most complete randomisation of the leads must include orientations where the fibre coils do not lie in a single plane. Alternatively, a second adjuster, PSCS2 with low PDL such as a fibre-loop adjuster, may be necessary and inserted between the first PSCS and test DUT as in Figure A.2.



**Figure A.2 – Alternate apparatus for Mueller Matrix**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-2:2009

## SOMMAIRE

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                   | 19 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                        | 21 |
| 2 Références normatives .....                                                                        | 21 |
| 3 Méthodes de mesure .....                                                                           | 21 |
| 3.1 Méthode tous états .....                                                                         | 22 |
| 3.2 Méthode de la matrice de Mueller .....                                                           | 22 |
| 4 Matériel .....                                                                                     | 23 |
| 4.1 Source optique (S) .....                                                                         | 23 |
| 4.2 Jonction temporaire (JT) .....                                                                   | 24 |
| 4.3 Système de variation de l'état de polarisation (PSCS, Polarization state change system) .....    | 24 |
| 4.3.1 Méthode tous états .....                                                                       | 24 |
| 4.3.2 Méthode de la matrice de Mueller .....                                                         | 25 |
| 4.4 Dispositif de couplage de référence (RBD, <i>reference branching device</i> ) (facultatif) ..... | 26 |
| 4.5 Détecteurs (D) .....                                                                             | 26 |
| 4.6 Dispositifs de lecture, d'enregistrement et de traitement des données .....                      | 26 |
| 5 Procédure .....                                                                                    | 27 |
| 5.1 Préparation des spécimens .....                                                                  | 27 |
| 5.2 Préconditionnement .....                                                                         | 27 |
| 5.3 Mesures initiales .....                                                                          | 27 |
| 5.4 Précautions d'essai .....                                                                        | 27 |
| 5.5 Mesure de référence .....                                                                        | 27 |
| 5.6 Mesure du dispositif .....                                                                       | 28 |
| 6 Analyse des données .....                                                                          | 29 |
| 6.1 Méthode tous états .....                                                                         | 29 |
| 6.2 Méthode de la matrice de Mueller .....                                                           | 30 |
| 7 Détails à spécifier .....                                                                          | 31 |
| Annexe A (informative) Incertitudes de mesure .....                                                  | 32 |
| Figure 1 – Cartographie de la polarisation des techniques déterministe et pseudo-aléatoire .....     | 22 |
| Figure 2 – Appareil de mesure .....                                                                  | 23 |
| Figure 3 – Exemples de PSCS pour la méthode tous états (déterministe et aléatoire) .....             | 25 |
| Figure 4 – Système de variation de l'état de polarisation (exemple) .....                            | 25 |
| Figure 5 – Appareil de mesure de référence .....                                                     | 28 |
| Figure A.1 – Incertitude de l'appareil tous états (exemple: voir le texte pour les détails) .....    | 33 |
| Figure A.2 – Autre appareil pour la Matrice de Mueller .....                                         | 34 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET  
COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES –  
PROCÉDURES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –****Partie 3-2: Examen et mesures –  
Perte en fonction de la polarisation dans un dispositif  
pour fibres optiques unimodales**

## 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 61300-3-2 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 troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1999 et constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- La présente édition comprend la méthode tous états de l'édition antérieure ainsi que la méthode de la matrice de Mueller décrite dans la CEI 61300-3-12.

La présente version bilingue (2013-07) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2009-01.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86B/2783/FDIS et 86B/2811/RVD.

Le rapport de vote 86B/2811/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

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

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 liées à la publication spécifique. 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 3-2: Examen et mesures – Perte en fonction de la polarisation dans un dispositif pour fibres optiques unimodales

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61300 spécifie des méthodes de mesure permettant de déterminer la dépendance de la perte d'un dispositif pour fibres optiques unimodales aux variations de polarisation. La présente procédure porte sur les mesures comportant une source de longueurs d'onde fixe; de ce fait, cette procédure est applicable aux dispositifs dont les propriétés, à une longueur d'onde unique, peuvent représenter celles situées sur une bande de longueurs d'onde plus large. A titre d'exemples typiques de tels dispositifs, on peut citer les dispositifs d'interconnexion et composants passifs unimodaux, y compris les connecteurs, les épissures, les dispositifs de couplage, les affaiblisseurs, les isolateurs et les commutateurs. La variation de perte de transmission observée maximale est désignée sous le terme de perte dépendant de la polarisation (PDL, *polarization-dependent-loss*).

La présente norme s'applique aux dispositifs à large bande et non pas aux dispositifs à bande étroite comme les filtres et les multiplexeurs. Le lecteur est invité à se référer à la CEI 61300-3-29 pour de telles mesures.

### 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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

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*

### 3 Méthodes de mesure

Deux méthodes sont décrites pour mesurer la perte dépendant de la polarisation. La méthode tous états détermine la variation de perte de transmission maximale par simulation avec un ensemble représentatif de tous les états de polarisation, possibles, y compris linéaire, circulaire et elliptique. La méthode de la matrice de Mueller détermine la sensibilité à l'aide d'un ensemble d'états fixes et en appliquant l'analyse mathématique de la matrice de Mueller.

A l'origine, cette procédure comprenait une seule méthode, mais a été mise à jour pour incorporer la technique précédemment décrite par la CEI 61300-3-12<sup>1</sup>. Ce dernier document sera annulé.

<sup>1</sup> CEI 61300-3-12, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-12: Examens et mesures – Sensibilité à la polarisation de l'affaiblissement d'un composant à fibres optiques monomodes: Méthode de calcul matriciel*

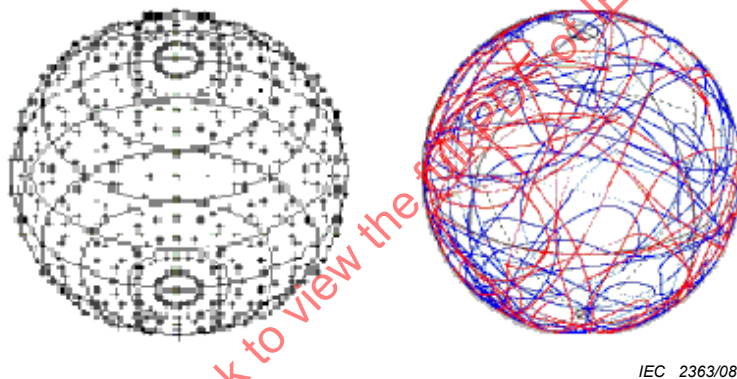
### 3.1 Méthode tous états

Dans cette méthode, la PDL est déterminée en soumettant à une rotation la polarisation de la source sur un ensemble représentatif de tous les états possibles de polarisation pendant que l'on surveille la réponse de transmission du dispositif au moyen d'un appareil de mesure de la puissance. La rotation peut être accomplie de manière soit déterministe soit pseudo-aléatoire.

Le terme "déterministe" se réfère aux techniques qui balaient un grand sous-ensemble de la totalité de l'espace de l'état de polarisation d'une manière reproductible. Cette méthode balaie la sphère de Poincaré sur des trajectoires prédéterminées pour produire une bonne approximation de la couverture de la totalité de la sphère.

Le terme "pseudo-aléatoire" renvoie à des techniques qui balaient la polarisation par le biais d'une variation pseudo-aléatoire d'éléments retardateurs dans le chemin optique en utilisant généralement le retard réparti par des boucles de fibres optiques en mouvement.

La Figure 1 illustre la différence de couverture entre les deux techniques. Dans les deux cas, la précision de la méthode dépend du degré de couverture sur la sphère de Poincaré du fait de la combinaison des états engendrés par le contrôleur de polarisation et le temps de réponse du détecteur de puissance par rapport à la vitesse de balayage de la polarisation.



**Figure 1 – Cartographie de la polarisation des techniques déterministe et pseudo-aléatoire**

### 3.2 Méthode de la matrice de Mueller

La méthode de la matrice de Mueller concerne la mesure du comportement d'un dispositif en essai, ou DUT, lorsqu'il est éclairé par un petit ensemble d'états de polarisation du rayonnement lumineux bien définis en entrée. Ces mesures sont suivies par un calcul de la matrice pour déterminer la PDL du DUT. Généralement, il existe deux formalismes matriciels qui peuvent décrire et quantifier le comportement de la polarisation du rayonnement lumineux fondé sur les calculs de Mueller et Jones respectivement. Pour un rayonnement lumineux entièrement polarisé, exigée pour les mesures de PDL, les formalismes de Mueller et de Jones sont équivalents. Etant donné que les mesures avec des instruments de polarisation d'un seul côté du DUT permettent d'obtenir directement les éléments nécessaires de la matrice de Mueller, à savoir les éléments correspondant aux rapports de puissance plutôt qu'à la phase et l'amplitude du champ, la procédure d'essai décrite ici utilise les mathématiques de Mueller pour déterminer la PDL.

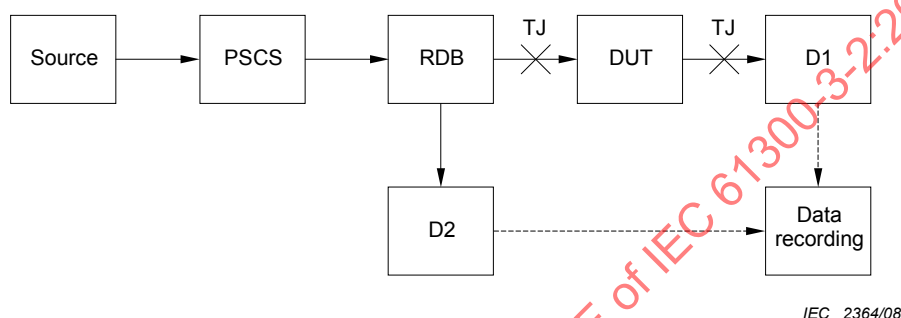
Le formalisme de la matrice de Mueller entraîne une représentation de la performance des composants sous forme de puissance optique. Cette matrice correspond à une matrice carrée à 16 éléments. Ici, l'état de polarisation (SOP, *state of polarization*) du rayonnement lumineux est décrit comme un vecteur de Stokes à 4 éléments. Le vecteur de Stokes du rayonnement lumineux incident multiplié par la matrice de Mueller du DUT donne le vecteur de Stokes du rayonnement lumineux en sortie, et ce rayonnement lumineux en sortie peut provenir de la transmission, de réflexion ou de diffusion. Dans la détermination de PDL d'un composant en

utilisant les matrices de Mueller, il n'est normalement pas nécessaire de déterminer la matrice de Mueller complète mais plutôt uniquement la première rangée de la matrice, qui fournit les informations complètes sur l'intensité du rayonnement lumineux, mais pas sur l'état résultant de la polarisation.

La précision de la méthode dépend de la stabilité de longueur d'onde de la source, du rapport signal à bruit du système, et de la dérive de la biréfringence du système.

## 4 Matériel

Le matériel de base en vue d'effectuer les mesures de PDL est représenté à la Figure 2.



**Figure 2 – Appareil de mesure**

L'appareil est constitué par les éléments suivants.

### 4.1 Source optique (S)

Une source optique capable de produire des caractéristiques spectrales définies dans la spécification applicable (tant la longueur d'onde que la largeur spectrale) doit être utilisée. Sauf indication contraire de la spécification applicable, la largeur spectrale doit être appropriée au degré de résolution de la longueur d'onde requise. La puissance à la source doit pouvoir répondre aux exigences d'amplitude dynamique de la mesure lorsqu'elle est combinée avec la sensibilité du détecteur.

Sauf indication contraire de la spécification applicable, la source doit être polarisée à un taux d'extinction d'au moins 13 dB. Un taux d'extinction de 20 dB peut être utilisé pour garantir que ce paramètre ne fournit aucune contribution significative à l'incertitude de mesure. Si la source n'est pas déjà polarisée à ce niveau, il convient d'utiliser un polariseur pour maintenir ce taux d'extinction sur la plage de longueurs d'onde de la mesure.

La stabilité de la puissance optique, le degré de polarisation (DOP, *degree of polarization*), la stabilité de l'état de polarisation (SOP, *state of polarization*), et la stabilité de la longueur d'onde de la source doivent être suffisants pour atteindre la précision de mesure désirée au cours de toute la durée de la mesure. Pour certaines applications, une source à largeur de raie étroite comme un laser unimodal longitudinal peut être utilisée, bien qu'il faille veiller à prévenir les rétro-réflexions susceptibles de conduire à des interférences par chemins multiples et à une PDL parasite consécutive.

La sortie depuis cette source se fait soit par l'intermédiaire d'une fibre unimodale soit d'un système de couplage capable d'effectuer une injection dans une fibre unimodale. On doit veiller à ce que seul le mode transverse fondamental de la fibre se propage comme indiqué à l'Article 5.

NOTE Les lasers multimodaux peuvent ne pas fournir la stabilité de polarisation suffisante pour cette mesure.

## 4.2 Jonction temporaire (JT)

Il s'agit d'une méthode, d'un dispositif ou d'un montage mécanique en vue d'aligner temporairement deux extrémités de fibre dans une jonction à faible perte, faible PDL, reproductible. Il peut s'agir de connecteurs mécaniques, d'épissures mécaniques, d'une injection optique directe dans la fibre amorce ou d'une épissure sur la fibre amorce de la source. Généralement, une épissure par fusion est utilisée après le contrôleur de polarisation, étant donné que les connexions mécaniques peuvent présenter une certaine sensibilité à la polarisation si les extrémités ne sont pas perpendiculaires à l'axe de fibre. La stabilité et la perte d'insertion de la jonction temporaire doivent être respectivement compatibles avec la précision de mesure exigée et la plage dynamique.

## 4.3 Système de variation de l'état de polarisation (PSCS, Polarization state change system)

Le choix du PSCS dépendra de la méthode d'essai choisie.

### 4.3.1 Méthode tous états

Pour la méthode tous états, un régulateur de l'état de polarisation est utilisé pour faire varier la polarisation du signal d'entrée sur l'ensemble de la sphère de Poincaré. Ceci peut être fait en ajustant de manière continue une paire de retardateurs quart d'onde/demi-onde placée dans le chemin optique à une valeur de phase bien définie (déterministe), ou on peut utiliser un brouilleur de polarisation (pseudo-aléatoire, constitué par exemple d'au moins trois boucles de fibres mobiles). On peut citer les exemples suivants:

#### – éléments optiques solides

Ils peuvent être formés par une cascade de trois éléments optiques sélectifs en polarisation (deux éléments optiques seulement peuvent être suffisants si l'état de polarisation avant le régulateur de polarisation est déjà établi par la source). L'alignement du système doit garantir la reproductibilité du système de la puissance injectée pour la même orientation des éléments optiques. L'exemple de la Figure 3a montre un polariseur linéaire P, une lame demi-onde de retardement H et une lame quart d'onde de retardement Q, montés sur des étages de rotation et introduits dans un chemin optique collimaté.

#### – régulateurs de polarisation fibre en ligne

Ils peuvent être formés par une cascade de trois mandrins rotatifs autour desquels est enroulée une fibre optique unimodale. Cette solution est représentée à la Figure 3b.

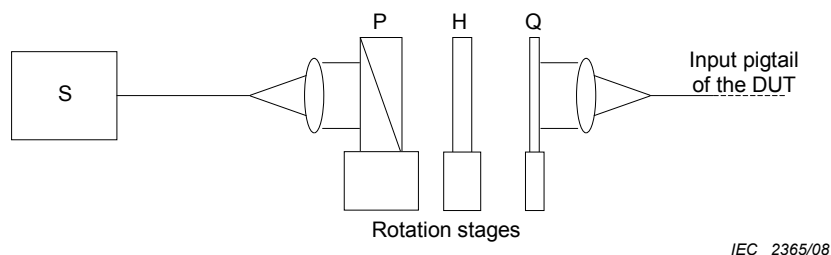


Figure 3a – PSCS optique solide

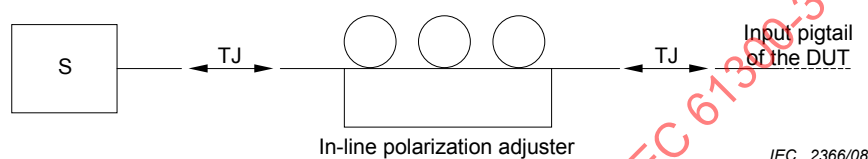


Figure 3b – PSCS de fibre en ligne

### Figure 3 – Exemples de PSCS pour la méthode tous états (déterministe et aléatoire)

La précision de la méthode tous états dépend pour une grande part de l'aptitude de la combinaison PSCS et détecteur à suffisamment échantillonner l'espace de polarisation et la stabilité de la perte d'insertion du PSCS lorsque l'on fait varier la polarisation. L'Annexe A traite de l'incertitude associée à la méthode tous états.

#### 4.3.2 Méthode de la matrice de Mueller

Pour la méthode de la matrice de Mueller, le PSCS est le moyen par lequel le rayonnement lumineux d'injection peut être conditionné en plusieurs états de polarisation bien définis représentant les vecteurs de Stokes linéairement indépendants. Bien que de tels états, quels qu'ils soient, puissent être utilisés, un choix type correspond à l'ensemble horizontal linéaire, vertical linéaire, diagonal linéaire, et circulaire droite. Les équations de 6.2 sont fondées sur ce choix. La précision requise en vue de la détermination des quatre états dépend de la précision de la PDL requise; une précision de  $\pm 0,5^\circ$  est proposée, en tant que ligne directrice. Un exemple de ce système est illustré à la Figure 4.

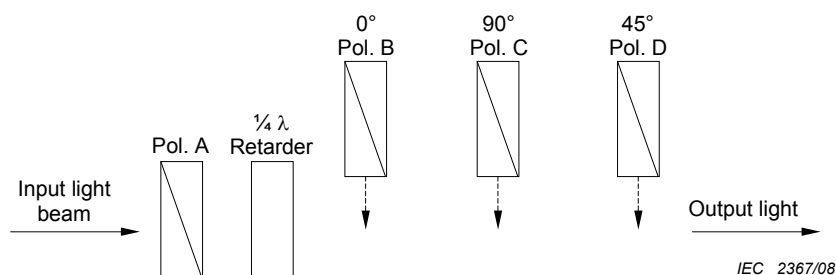


Figure 4 – Système de variation de l'état de polarisation (exemple)

Cette disposition peut injecter quatre états de polarisation constitués de rayonnement lumineux polarisé circulairement plus trois états polarisés linéairement orientés à  $45^\circ$  les uns par rapport aux autres. Le rayonnement lumineux en entrée est d'abord conditionné selon un

état à haute polarisation linéaire par un polariseur (A). Elle est ensuite convertie selon une polarisation circulaire par un retardateur quart d'onde orienté à 45° par rapport au polariseur. Les trois états linéaires de polarisation peuvent être créés séquentiellement en insérant séquentiellement les trois polariseurs étiquetés B, C, et D dans le faisceau. Les polariseurs B, C, et D sont orientés à 45° les uns par rapport aux autres lorsqu'ils se trouvent dans le faisceau. L'alignement du système doit garantir la reproductibilité de la puissance injectée pour la même orientation des polariseurs.

D'autres moyens de régler de manière reproductible l'état de polarisation sont autorisés, par exemple, en utilisant des éléments optiques solides comme à la Figure 3a, ou à l'aide de retardateurs variables à cristaux liquides ou encore de contrôleurs de polarisation fibrés préprogrammés.

#### 4.4 Dispositif de couplage de référence (RBD, *reference branching device*) (facultatif)

Il s'agit d'un dispositif qui transfère la puissance du port d'entrée à deux ports de sortie avec un rapport approximativement de 50:50 ou autre rapport de couplage adapté. Le rapport optimal dépendra du niveau de signal disponible et de la sensibilité en puissance du détecteur de référence. Sauf indication contraire, il doit présenter moins de 10 % de la dépendance à la polarisation minimale spécifiée comme acceptable. Il est à noter que la plage dynamique de la mesure dépendra du rapport de couplage.

L'utilisation du RBD est facultatif car il n'est que suggéré d'utiliser un dispositif de contrôle de la source. Si la puissance de la source est stable selon un ordre de grandeur supérieur à la PDL du DUT à mesurer, il est possible de l'omettre.

#### 4.5 Détecteurs (D)

Tous les détecteurs utilisés doivent comporter une plage dynamique suffisante pour effectuer la mesure conjointement avec le reste de l'appareil de mesure. Les détecteurs doivent comporter une sensibilité à la polarisation qui est d'un ordre de grandeur supérieur à la mesure pour minimiser l'erreur. Si nécessaire, on peut utiliser un dépolariseur après le DUT et avant le détecteur pour atteindre la précision exigée.

Les détecteurs doivent être linéaires sur les niveaux de puissance optique prévus. Toute non-linéarité du détecteur et toute dépendance à la polarisation de celui-ci contribuent directement à une erreur de mesure. De ce fait, il est important que le détecteur et les circuits d'amplification associés présentent une bonne linéarité sur toutes les plages de mesure. Des mesures doivent être prises pour s'assurer que la densité de puissance au niveau du détecteur est toujours suffisamment en dessous du niveau de saturation du détecteur. Il est recommandé d'opérer à au moins 3 dB au-dessous du niveau de saturation, défini comme le niveau de puissance auquel la spécification de précision relative du matériel de mesure est dépassée. Dans ce cas, l'amplificateur contribue habituellement le plus à la non-linéarité, en particulier lorsque la transimpédance est modifiée tandis que les plages sont commutées. La mesure des valeurs de PDL faibles peut habituellement être effectuée sans modifier les plages. Le(s) détecteur(s) doi(ven)t comporter une zone active suffisante et être suffisamment proches de la sortie pour capturer tout le rayonnement lumineux sortant de la fibre de sortie du DUT.

Pour la méthode tous états, si la polarisation est balayée en continu, les détecteurs doivent être capables de mesurer la puissance suffisamment vite, par rapport à la vitesse de balayage de la polarisation, de sorte que les valeurs mesurées correspondent à des états de polarisation bien résolus. Ceci est habituellement déterminé par la largeur de bande et le temps d'intégration des détecteurs.

#### 4.6 Dispositifs de lecture, d'enregistrement et de traitement des données

Ces dispositifs fournissent un système pour collecter les valeurs de la puissance transmise au fur et à mesure que l'état de polarisation est balayé, pour exécuter les calculs et pour indiquer les résultats à la fin de l'essai. Un système géré par ordinateur peut être utilisé pour ces fonctions d'acquisition et d'analyse de données.

## **5 Procédure**

### **5.1 Préparation des spécimens**

Préparer et nettoyer le spécimen conformément aux instructions du fabricant.

### **5.2 Préconditionnement**

Sauf spécification contraire dans la spécification applicable, aucun preconditionnement n'est exigé pour cette mesure.

### **5.3 Mesures initiales**

Effectuer les examens initiaux et les mesures initiales sur le spécimen comme exigé dans la spécification applicable.

### **5.4 Précautions d'essai**

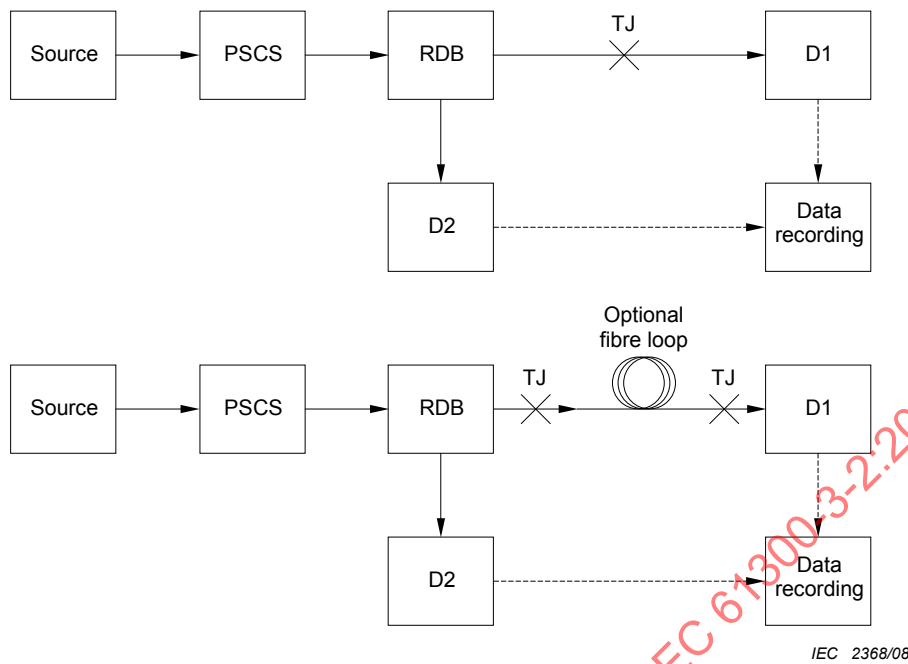
Le mouvement de l'une quelconque des fibres au cours des mesures peut influencer sur le SOP et entraîner des erreurs de mesure. Il faut donc veiller à ce qu'aucun mouvement de fibres ou des appareils ne soit possible. Ceci est particulièrement vrai pour la méthode de la matrice de Mueller et est généralement moins problématique pour la méthode tous états.

Les modes de gaine doivent être extraits aux ports d'entrée et de sortie de chaque élément de l'appareil. Si cette opération ne peut être exécutée par le revêtement de la fibre, des extracteurs de modes de gaine doivent être utilisés.

### **5.5 Mesure de référence**

En commençant avec l'appareil représenté à la Figure 2, retirer le DUT du montage comme l'indique la Figure 5. Le DUT peut être complètement retiré comme le montre la partie supérieure du montage de la Figure 5 ou une boucle de fibre de longueur équivalente à la longueur des fibres amorces sur le dispositif peut être prévue en remplacement comme l'indique le montage inférieur de la Figure 5. Dans l'un ou l'autre cas, il convient de n'enlever aucun des câbles d'essai de l'appareil au cours de cette étape. Commencer avec le PSCS réglé au premier état de polarisation, et collecter la valeur de la puissance en watts de D1 et (le cas échéant) D2.

Soumettre le PSCS à une rotation à travers tous les SOP à utiliser dans la méthode de mesure et collecter les valeurs de la puissance de D1 et D2 pour chaque point.



**Figure 5 – Appareil de mesure de référence**

La référence doit être enregistrée pour chaque point de mesure  $i$  en tant que

$$P_{ref}(i) = \frac{P_1(i)}{P_2(i)} \quad (1)$$

où

$P_1$  est la valeur de la puissance au niveau de D1; et

$P_2$  est la valeur de la puissance au niveau de D2

ou si D2 n'est pas utilisé, alors

$$P_{ref}(i) = P_1(i) \quad (2)$$

## 5.6 Mesure du dispositif

Reconfigurer l'appareil, comme indiqué à la Figure 2.

Commencer avec le PSCS réglé au premier état de polarisation, et collecter la valeur de la puissance en watts de D1 et (le cas échéant) D2.

Soumettre le PSCS à une rotation à travers tous les SOP à utiliser dans la méthode de mesure et collecter les valeurs de la puissance de D1 et D2 pour chaque point.

La mesure du DUT doit être enregistrée pour chaque point de mesure en tant que

$$P_{msd}(i) = \frac{P_1(i)}{P_2(i)} \quad (3)$$