

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



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

**Part 3-29: Examinations and measurements – Spectral transfer characteristics of DWDM devices**

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

**Partie 3-29: Examens et mesures – Caractéristiques de transfert spectral des dispositifs DWDM**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC 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.

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

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

The advanced search enables 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 online 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 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC 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 l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

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

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 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 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### 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 3-29: Examinations and measurements – Spectral transfer characteristics of DWDM devices**

**Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –  
Procédures fondamentales d'essais et de mesures –  
Partie 3-29: Examens et mesures – Caractéristiques de transfert spectral des dispositifs DWDM**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

W

ICS 33.180.20

ISBN 978-2-8322-1479-4

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

## CONTENTS

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                               | 5  |
| 1 Scope.....                                                                | 7  |
| 2 Normative references .....                                                | 7  |
| 3 Terms, definitions, abbreviations and symbols.....                        | 7  |
| 3.1 Terms and definitions.....                                              | 7  |
| 3.2 Symbols and abbreviations .....                                         | 8  |
| 3.2.1 Symbols .....                                                         | 8  |
| 3.2.2 Abbreviations.....                                                    | 8  |
| 4 General description .....                                                 | 9  |
| 5 Apparatus.....                                                            | 10 |
| 5.1 Measurement set-up .....                                                | 10 |
| 5.2 Light source, S.....                                                    | 12 |
| 5.2.1 Tuneable narrowband light source (TNLS) – Method A .....              | 12 |
| 5.2.2 Broadband source (BBS) – Method B .....                               | 12 |
| 5.3 Tracking filter (TF) .....                                              | 12 |
| 5.4 Reference branching device (RBD) .....                                  | 12 |
| 5.5 Wavelength meter (WM) .....                                             | 13 |
| 5.6 Polarizer (PL).....                                                     | 13 |
| 5.7 Polarization controller (PC) .....                                      | 13 |
| 5.8 Device under test (DUT) .....                                           | 13 |
| 5.8.1 General .....                                                         | 13 |
| 5.8.2 Device input/output optics.....                                       | 14 |
| 5.9 Detector (D).....                                                       | 14 |
| 5.9.1 Broadband detectors, BBD1, BBD2, Method A.1 .....                     | 14 |
| 5.9.2 Tuneable narrowband detector (TND) – Method A.2 and<br>Method B ..... | 14 |
| 5.10 Temporary joints (TJ).....                                             | 15 |
| 6 Procedure.....                                                            | 15 |
| 6.1 General.....                                                            | 15 |
| 6.2 Preparation of DUTs .....                                               | 15 |
| 6.3 System initialization .....                                             | 15 |
| 6.4 System reference measurement.....                                       | 16 |
| 6.4.1 General .....                                                         | 16 |
| 6.4.2 Measurement of the reference spectra for Method A.....                | 16 |
| 6.4.3 Measurement of reference spectra for Method B.....                    | 16 |
| 6.5 Measurement of device spectra .....                                     | 16 |
| 7 Characterization of the device under test.....                            | 17 |
| 7.1 Determination of transfer functions .....                               | 17 |
| 7.1.1 General .....                                                         | 17 |
| 7.1.2 Accounting for the source variations .....                            | 17 |
| 7.1.3 Calculations for the Mueller matrix method .....                      | 17 |
| 7.2 Transmission ( $T(\lambda)$ ) spectra measurements .....                | 18 |
| 7.2.1 General .....                                                         | 18 |
| 7.2.2 Peak power calculation.....                                           | 19 |

|                       |                                                       |    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------|----|
| 7.2.3                 | Normalization of the transfer function .....          | 20 |
| 7.3                   | Calculation of optical attenuation (A).....           | 20 |
| 7.4                   | Insertion loss (IL) .....                             | 20 |
| 7.5                   | Bandwidth and full spectral width .....               | 21 |
| 7.5.1                 | General .....                                         | 21 |
| 7.5.2                 | Centre wavelength.....                                | 21 |
| 7.5.3                 | Centre wavelength deviation.....                      | 22 |
| 7.5.4                 | X dB bandwidth .....                                  | 22 |
| 7.6                   | Passband ripple .....                                 | 22 |
| 7.7                   | Isolation (I) and crosstalk (XT) .....                | 23 |
| 7.7.1                 | General .....                                         | 23 |
| 7.7.2                 | Channel isolation .....                               | 24 |
| 7.7.3                 | Channel crosstalk .....                               | 24 |
| 7.7.4                 | Adjacent channel isolation .....                      | 24 |
| 7.7.5                 | Adjacent channel crosstalk .....                      | 25 |
| 7.7.6                 | Minimum adjacent channel isolation .....              | 25 |
| 7.7.7                 | Maximum adjacent channel crosstalk.....               | 25 |
| 7.7.8                 | Non-adjacent channel isolation .....                  | 25 |
| 7.7.9                 | Non-adjacent channel crosstalk .....                  | 26 |
| 7.7.10                | Minimum non-adjacent channel isolation.....           | 26 |
| 7.7.11                | Maximum non-adjacent channel crosstalk.....           | 26 |
| 7.7.12                | Total channel isolation .....                         | 26 |
| 7.7.13                | Total channel crosstalk .....                         | 26 |
| 7.7.14                | Minimum total channel isolation .....                 | 26 |
| 7.7.15                | Maximum total channel crosstalk .....                 | 26 |
| 7.8                   | Polarization dependent loss ( $PDL(\lambda)$ ).....   | 27 |
| 7.9                   | Polarization dependent centre wavelength (PDCW) ..... | 27 |
| 7.10                  | Channel non-uniformity .....                          | 28 |
| 7.11                  | Out-of-band attenuation .....                         | 28 |
| 8                     | Details to be specified .....                         | 28 |
| 8.1                   | Light source (S) .....                                | 28 |
| 8.1.1                 | Tuneable narrowband light source (TNLS).....          | 28 |
| 8.1.2                 | Broadband source (BBS) (unpolarized) .....            | 28 |
| 8.2                   | Polarization controller (PC) .....                    | 29 |
| 8.3                   | Polarizer (PL).....                                   | 29 |
| 8.4                   | Tracking filter (TF) .....                            | 29 |
| 8.5                   | Reference branching device (RBD) .....                | 29 |
| 8.6                   | Temporary joint (TJ) .....                            | 29 |
| 8.7                   | Wavelength meter (WM) .....                           | 29 |
| 8.8                   | Detector (D) .....                                    | 29 |
| 8.8.1                 | Broadband detector (BBD).....                         | 29 |
| 8.8.2                 | Tuneable narrowband detector (TNBD).....              | 29 |
| 8.9                   | DUT .....                                             | 30 |
| Annex A (informative) | Reflection spectrum measurements.....                 | 31 |
| A.1                   | General.....                                          | 31 |
| A.2                   | Apparatus .....                                       | 31 |
| A.2.1                 | General .....                                         | 31 |
| A.2.2                 | Reference branching device .....                      | 31 |

|                       |                                                                                                                                 |    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A.2.3                 | Optical termination .....                                                                                                       | 32 |
| A.3                   | Measurement procedure .....                                                                                                     | 32 |
| A.3.1                 | General .....                                                                                                                   | 32 |
| A.3.2                 | Determination of source reference spectrum .....                                                                                | 32 |
| A.3.3                 | Determination of system constant .....                                                                                          | 32 |
| A.3.4                 | Determination of reference reflectance spectrum .....                                                                           | 33 |
| A.3.5                 | Determination of device reflectance spectrum .....                                                                              | 33 |
| A.3.6                 | Determination of optical attenuation .....                                                                                      | 33 |
| A.4                   | Reflection $[R(\lambda)]$ spectra measurements .....                                                                            | 34 |
| Annex B (informative) | Determination of the wavelength increment parameter .....                                                                       | 35 |
| Annex C (informative) | Determination of a mean value using the shorth function .....                                                                   | 37 |
| Bibliography          | .....                                                                                                                           | 39 |
| Figure 1              | – Basic measurement set-up .....                                                                                                | 10 |
| Figure 2              | – Measurement set-up for tuneable narrowband light source (TNLS) system .....                                                   | 11 |
| Figure 3              | – Measurement set-up for TNLS and tuneable narrowband detector (TND) system .....                                               | 11 |
| Figure 4              | – Measurement set-up for BBS and tuneable narrowband detector (TND) system .....                                                | 11 |
| Figure 5              | – System reference for transmission measurement .....                                                                           | 16 |
| Figure 6              | – Normalized transfer functions .....                                                                                           | 19 |
| Figure 7              | – BW and full spectral width for a fibre Bragg grating .....                                                                    | 21 |
| Figure 8              | – X dB bandwidth .....                                                                                                          | 22 |
| Figure 9              | – Passband ripple .....                                                                                                         | 23 |
| Figure 10             | – Channel isolation and crosstalk .....                                                                                         | 24 |
| Figure 11             | – Minimum adjacent channel isolation .....                                                                                      | 25 |
| Figure 12             | – Polarization dependence of the transfer function .....                                                                        | 27 |
| Figure 13             | – Polarization dependent centre wavelength (PDCW) .....                                                                         | 28 |
| Figure A.1            | – Measurement set-up for a single port device .....                                                                             | 31 |
| Figure A.2            | – Source reference set-up .....                                                                                                 | 32 |
| Figure A.3            | – Set-up for measurement of system constant .....                                                                               | 33 |
| Figure C.1            | – Example response and –x dB wavelengths .....                                                                                  | 37 |
| Figure C.2            | – Example showing the –0,5 dB wavelengths based on the shorth (dotted vertical lines) and the mean (solid vertical lines) ..... | 38 |
| Table 1               | – Test methods .....                                                                                                            | 10 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING  
DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS –  
BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –****Part 3-29: Examinations and measurements –  
Spectral transfer characteristics of DWDM devices**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61300-3-29 has been prepared by sub-committee 86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2005. It constitutes a technical revision.

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

- terms and definitions have been added and reconsidered in order to be harmonized with IEC 62074-1;
- characterizations of the device under test have been reviewed;

– details to be specified have been reconsidered.

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

|               |                  |
|---------------|------------------|
| FDIS          | Report on voting |
| 86B/3718/FDIS | 86B/3758/RVD     |

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

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

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

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

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

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



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

## **Part 3-29: Examinations and measurements – Spectral transfer characteristics of DWDM devices**

### **1 Scope**

This part of IEC 61300 identifies two basic measurement methods for characterizing the spectral transfer functions of DWDM devices.

The transfer functions are the functions of transmittance dependent of wavelengths. In this standard, optical attenuations are also used.

NOTE In this standard, transfer functions are expressed by  $T(\lambda)$  and optical attenuations are expressed by  $A(\lambda)$ .

The transfer functions can be used to produce measurements of insertion loss (IL), polarization dependent loss (PDL), isolation, centre wavelength, bandwidth (BW) and other optical performances.

### **2 Normative references**

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

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

IEC 61300-3-2, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-2: Examinations and measurements – Polarization dependent loss in a single-mode fibre optic device*

IEC 61300-3-7, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-7: Examinations and measurements – Wavelength dependence of attenuation and return loss of single mode components*

IEC 62074-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic WDM devices – Part 1: generic specification*

### **3 Terms, definitions, abbreviations and symbols**

#### **3.1 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-731, as well as the following, apply.

### 3.1.1

#### **bandwidth**

(linewidth)

BW

spectral width of a signal or filter

Note 1 to entry: In the case of a laser signal such as a tuneable narrowband light source, the term 'linewidth' is commonly preferred. Often defined by the width at a set power distance from the peak power level of the device (i.e. 3 dB BW or 1 dB BW). The bandwidth shall be defined as the distance between the closest crossings on either side of the centre wavelength in those cases where the spectral shape has more than 2 such points. The distance between the outermost crossings can be considered the full spectral width.

### 3.1.2

#### **channel frequency range**

(passband)

CFR

specified range of wavelengths (frequencies) from  $\lambda_{\text{hmin}}$  ( $f_{\text{hmin}}$ ) to  $\lambda_{\text{hmax}}$  ( $f_{\text{hmax}}$ ), centred about the nominal operating wavelength (frequency), within which a WDM device operates to transmit less than or equal to the specified optical attenuation

Note 1 to entry: Passband is commonly used to convey the same meaning.

### 3.1.3

#### **dense WDM**

DWDM

WDM device intended to operate for channel spacing equal to or less than 1 000 GHz

### 3.1.4

#### **polarization dependent loss**

PDL

maximum variation of insertion loss due to a variation of the state of polarization (SOP) over all SOP

### 3.1.5

#### **state of polarization**

SOP

distribution of light energy among the two linearly independent solutions of the wave equations for the electric field

### 3.1.6

#### **source spontaneous emission**

SSE

broadband emissions from a laser cavity that bear no phase relation to the cavity field

Note 1 to entry: These emissions can be seen as the baseline noise on an optical spectrum analyser (OSA)

### 3.1.7

#### **wavelengths division multiplexer**

WDM

term frequently used as a synonym for a wavelength-selective branching device

## 3.2 Symbols and abbreviations

### 3.2.1 Symbols

$\delta$  wavelength sampling increment during the measurement

$\lambda_{\text{h}}$  centre channel or nominal operating wavelength for a component

### 3.2.2 Abbreviations

APC angled physical contact

ASE amplified spontaneous emission

|      |                                          |
|------|------------------------------------------|
| BBD  | broadband detector                       |
| BBS  | broadband light source                   |
| BW   | bandwidth                                |
| CFR  | channel frequency range                  |
| DOP  | degree of polarization                   |
| DUT  | device under test                        |
| DWDM | dense wavelengths division multiplexer   |
| FBG  | fibre Bragg grating                      |
| IL   | insertion loss                           |
| OPM  | optical power meter                      |
| OSA  | optical spectrum analyser                |
| PC   | polarization controller                  |
| PC   | physical contact                         |
| PDCW | polarization dependent centre wavelength |
| PDL  | polarization dependent loss              |
| PSCS | polarization state change system         |
| PL   | polarizer                                |
| RBD  | reference branching devices              |
| S    | light source                             |
| SD   | standard deviation                       |
| SOP  | state of polarization                    |
| SSE  | source spontaneous emission              |
| TF   | tracking filter                          |
| TJ   | temporary joint                          |
| TLS  | tuneable laser source.                   |
| TND  | tuneable narrowband detector             |
| TNLS | tuneable narrowband light source         |
| WDL  | wavelength dependent loss                |
| WDM  | wavelength division multiplexer          |
| WM   | wavelength meter                         |

#### 4 General description

This standard is complementary to the wavelength dependence of attenuation, and return loss (IEC 61300-3-7), and polarization dependence of attenuation (IEC 61300-3-2) for DWDM devices which channel spacing is less than or equal to 1 000 GHz (8 nm at the wavelength band of 1 550 nm).

The transfer functions can be used to produce measurements of following performance parameters:

- insertion loss (IL);
- centre wavelength and centre wavelength deviation;
- X dB bandwidth;
- passband ripple;
- isolation;

- crosstalk;
- polarization dependent loss (PDL) and polarization dependent centre wavelength (PDCW) ;
- channel non-uniformity;
- out-of-band attenuation.

In general, the DWDM devices have channel bandwidths less than 1 nm, filter response slopes greater than 100 dB/nm, and out-of-band rejection extending over tens of nm.

The methods described in this standard will show how to obtain the transfer function from a single input to a single output port (single conducting path). For an  $M \times N$  device, it will be required to repeat this procedure using all possible combinations of input and output ports.

The methods described in this standard are intended to be applicable to any wavelength band (C, L, S, O, etc.) although examples may be shown in the C-band for illustrative purposes.

The two methods contained in this standard differ mainly in the way in which the wavelength resolution is obtained. Method A uses a tuneable narrowband light source, while Method B used a broadband light source. Method A has two branching methods; Method A.1 and Method A.2. These three measurement methods are summarized in Table 1. Method A.2 shall be considered the reference test method for DWDM devices.

**Table 1 – Test methods**

| Method | Names                    | Source             | Detector | Examples         | Remarks     |
|--------|--------------------------|--------------------|----------|------------------|-------------|
| A.1    | TNLS in sweep mode + BBD | TNLS in sweep mode | BBD      | TNLS + DUT + OPM | Alternative |
| A.2    | TNLS in sweep mode + TND | TNLS in sweep mode | TND      | TNLS + DUT + OSA | Reference   |
| B      | BBS + TND                | BBS                | TND      | BBS + DUT + OSA  | Alternative |

This standard also includes annexes that illustrate the following:

Annex A: Reflection spectrum measurements;

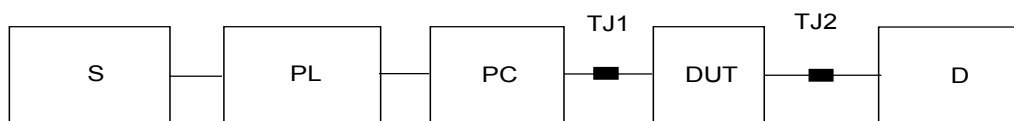
Annex B: Determination of wavelength increment parameter;

Annex C: Determination of a mean value using the shorth function.

## 5 Apparatus

### 5.1 Measurement set-up

The basic measurement set-up for the characterization of DWDM devices is shown in Figure 1 below.



IEC 0959/14

**Figure 1 – Basic measurement set-up**

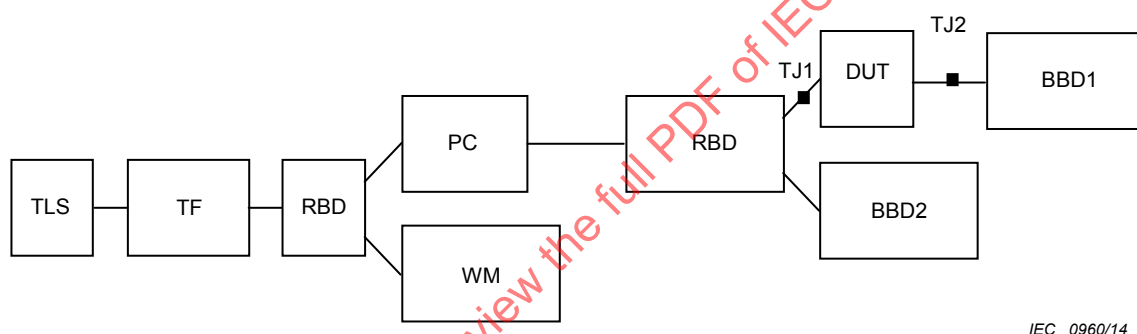
This procedure contains three methods that differ fundamentally in the way in which the wavelength resolution is achieved. There are three key influences on the wavelength

resolution: the linewidth of the source or bandwidth of the tuneable narrowband detector, the analogue bandwidth of the detection system and the rate of change of wavelength.

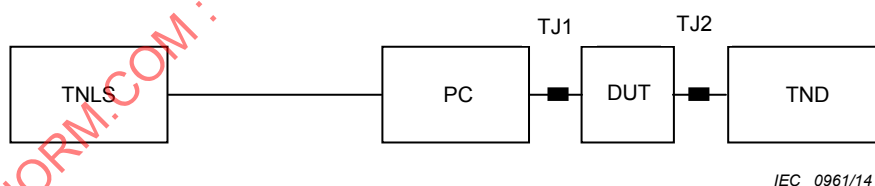
Having determined the wavelength resolution of the measurement, the wavelength sampling increment ( $\delta$ ) should be less than half the bandwidth of the system in order to accurately measure the average value of the optical attenuation.

The bandwidth of the system is determined by the convolution of the effective source bandwidth with the rate of change of wavelength over the time constant of the detector. Practical constraints may result in smaller or larger bandwidths than recommended. Two cautions should be noted with smaller bandwidths: first, coherent interference effects can lead to additional measurement errors, and second, under-sampling of the device could lead to misrepresentations of the reconstructed transfer function. If larger bandwidths are used, the reconstructed transfer function could smear out fine structures and distort response slopes. As the response slopes may exceed 100 dB/nm, small uncertainties in wavelength may result in large amplitude response errors. In general, the resolution bandwidth of the system needs to be chosen based on the device characteristics and noted in the details to be specified.

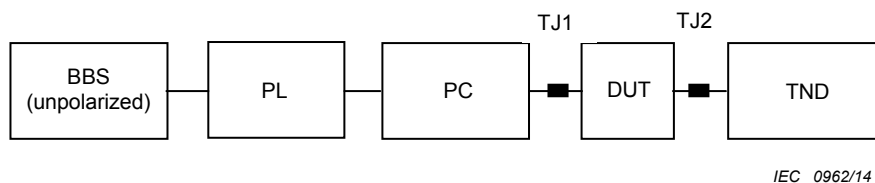
As explained in Table 1, there are three measurement methods. Figures 2, 3, and 4 show the typical set-ups for Methods A.1, A.2 and B.



**Figure 2 – Measurement set-up for tuneable narrowband light source (TNLS) system**



**Figure 3 – Measurement set-up for TNLS and tuneable narrowband detector (TND) system**



**Figure 4 – Measurement set-up for BBS and tuneable narrowband detector (TND) system**

## 5.2 Light source, S

### 5.2.1 Tuneable narrowband light source (TNLS) – Method A

This method uses a polarized tuneable narrowband light source (TNLS) that can select a specific output wavelength and can be tuned across a specified wavelength range. The “source” could also include a tracking filter, reference branching device (RBD), and wavelength monitor as shown in Figure 2. These additions are optional as they relate to the measurement requirements and the TLS specifications.

The power stability at any of the operating wavelengths shall be less than  $\pm 0,01$  dB over the measuring period. This stability can be obtained using the optional detector BBD2 in Figure 2 as a reference detector. If BBD2 is synchronized with BBD1, then the variations in power can be cancelled. It should be noted that the dynamic response of the two power meters should have the same electrical bandwidth. The output power of the TLS shall be sufficient to provide the apparatus with an order of magnitude range more dynamic than the device exhibits (i.e. the measurement apparatus should be able to measure a 50 dB notch if the device is a 40 dB notch filter).

The wavelength uncertainty of the TLS shall be approximately an order of magnitude smaller than the step size for each point in the measuring range. This uncertainty may be obtained by having the wavelength monitor feedback to the TLS. The tuning range of the TLS shall cover the entire spectral region of the DWDM device and the source shall also be free of mode hopping over that tuning range.

The side mode suppression ratio and the SSE of the TLS should be sufficient to provide a signal to noise ratio one order of magnitude greater than is required for the measurement, or the use of a tracking filter shall be required for notch filter measurements. The SSE can be measured on an optical spectrum analyser using a 0,1 nm resolution bandwidth. The measured points should be taken at half the distance between possible DWDM channels (i.e. at 50 GHz from the centre frequency for a 100 GHz DWDM device). As an example, if the system needs to measure 50 dB of attenuation, the SSE should be  $-60$  dB.

### 5.2.2 Broadband source (BBS) – Method B

This method uses an unpolarized broadband light source such as an LED or an amplified spontaneous emission (ASE) source. The source spectrum shall provide sufficient optical power over the full wavelength range of the DUT. This factor is especially important in the measurement of notch filters where the dynamic resolution of the system needs to be high (typically  $>50$  dB) for accurate measurements.

The optical power of the light source shall either be stable over the duration of the test or normalized in a wavelength-specific fashion by means of a reference path (possibly consisting of a RBD and a synchronized TND).

## 5.3 Tracking filter (TF)

The tracking filter is required if the dynamic range of the TLS and the detector does not allow for measuring a depth of at least 10 dB greater than required due to the shape of the DUT and the broadband SSE of the TLS. The filter shall track the TLS so as to provide the maximum SSE suppression and the maximum transmitted power as the TLS is scanned across the measurement region. It should be noted that the spectral shape of the filter will affect the effective linewidth of the system.

## 5.4 Reference branching device (RBD)

The configuration of the RBD is  $1 \times 2$  or  $2 \times 2$ . If its configuration is  $2 \times 2$ , one port of the RBD shall be terminated to have a back reflection of less than  $-50$  dB. The splitting ratio of the RBD shall be stable with wavelength. It shall also be insensitive to polarization. The polarization sensitivity of transmission attenuation shall be less than one-tenth of the

wavelength dependency of attenuation to be measured. The polarization mode dispersion of the RBD shall be less than one half of the coherence time of the source so as not to depolarize the input signal. The split ratio shall be sufficient to provide the dynamic range for the measurement of the transfer function and the power necessary for the wavelength meter to operate correctly.

### 5.5 Wavelength meter (WM)

In this test procedure, the wavelength uncertainty of the source needs to be extremely small and closely monitored. If the tuning uncertainty of the TLS is not sufficient for the measurement, the wavelength monitor shall be required. For this measurement method it is necessary to measure the spectral peak of any input signal within the device bandwidth to an uncertainty approximately one order of magnitude greater than the step size. Therefore, acceptable wavelength monitors include an optical wavelength meter or a gas absorption cell (such as an acetylene cell). If a gas absorption cell is used, the wavelength uncertainty of the TLS shall be sufficient to resolve the absorption lines.

Regarding the wavelength repeatability of the TLS and the monitor, it should be understood that if the test apparatus has 0,1 dB of ripple with a 30 pm period, then a random 3 pm wavelength variation from reference scan to device scan can result in as much as 0,03 dB of attenuation error.

### 5.6 Polarizer (PL)

For the BBS method (Method B), the polarizer shall be put after the BBS. A polarization extinction ratio of polarizer shall be more than or equal to 20 dB.

### 5.7 Polarization controller (PC)

The polarization controller is used to control the input state of polarization (SOP). The details of polarization controller are defined as PSCS in IEC 61300-3-2. That standard defines two types of PSCS, for all polarization methods and the Mueller matrix method. In the event of a polarization dependent measurement, the controller will be used to generate four known polarization states for testing purposes. The states shall be distinct and well known in order to achieve accurate PDL measurements. The return loss on the input to the controller shall be greater than 50 dB, so as not to return any polarized light back to the TLS cavity for Method A. This may also be achieved using an isolator to protect the TLS.

### 5.8 Device under test (DUT)

#### 5.8.1 General

The device under test shall be DWDM devices. For the purposes of this standard, the test ports shall be a single "input-output" path. The method described herein can be extrapolated upon to obtain a single measurement system capable of handling even an  $M \times N$  DWDM device. It is noted that these measurements are very sensitive to reflections, and that precautions shall be taken to ensure that reflection cavities are not introduced in the test set-up.

In many cases, the characteristics of DWDM devices are temperature dependent. This measurement procedure assumes that any such device is held at a constant temperature throughout the procedure. The absolute uncertainty of the measurement may be limited by the uncertainty of any heating or cooling device used to maintain a constant temperature. For example, if a device is known to have a temperature dependence of 0,01 nm/°C, and the temperature during the procedure is held to a set temperature  $\pm 1$  °C; then any spectral results obtained are known to have an uncertainty of 0,02 nm due to temperature.

### 5.8.2 Device input/output optics

If fibre connectors or fibre butt coupling are employed, use physical contact connectors or index matching fluid to avoid interference effects.

## 5.9 Detector (D)

### 5.9.1 Broadband detectors, BBD1, BBD2, Method A.1

The detectors used for this method consist of a broadband optical detector, the associated electronics and a means of connecting to an optical fibre. The optical connection may be a receptacle for an optical connector, a fibre pigtail, or a bare fibre adapter. The back reflection from detectors BBD1 and BBD2 should be minimized with any precautions available. The preferred options would be to use either an angled physical contact (APC) connector, or a physical contact (PC) connector in conjunction with an optical isolator. It should be noted that the use of an APC connector will contribute approximately 0,03 dB of PDL to the measurement uncertainty. The WDL and PDL for an optical isolator shall be less than 0,05 dB.

The dynamic range and sensitivity of the detectors should be sufficient to measure the noise floor required by the test system and the DUT. In general, it is required to have a dynamic range approximately 10 dB wider than the measurable isolation of the device, with a sensitivity at least 5 dB below the expected stop band attenuation at the test system power level. For instance if the maximum device isolation is 40 dB, the maximum device loss is 5 dB, and the test system optical power is –5 dBm, then the detectors would need to have a sensitivity of at least –55 dBm, and a dynamic range of at least 50 dB (i.e. should not saturate at –5 dBm).

The detectors should have a resolution of 0,001 dB and linearity better than 0,02 dB over the pass band wavelength range. The stability of the power detectors should exceed 0,01 dB over the measurement period in the pass band as well. For polarization dependent measurements, the polarization dependence of the detector should be less than 0,01 dB.

Where during the sequence of measurements a detector shall be disconnected and reconnected, the coupling efficiency for the two measurements shall be maintained. Use of a large area detector to capture all of the light emanating from the fibre is recommended, but care should be taken to ensure that the stability of the detector parameters are not affected by variations in detection uniformity over the active area of the detector. It is also recommended that the face of the detector be placed at an angle other than orthogonal to the incoming light source to reduce back reflections while ensuring that polarization effects are minimized.

Another important parameter for the detectors is the electrical bandwidth. As it is desired to make this measurement as quickly as possible, the response time of the detectors becomes a limiting factor in the amount of time spent on each step (or in the uncertainty of the reading for a swept system).

### 5.9.2 Tuneable narrowband detector (TND) – Method A.2 and Method B

This method measures the optical output of the DUT with a tuneable narrowband detector such as an optical spectrum analyser. The analyser can be a monochromator or a tuneable bandpass filter followed by a photodiode detector. The absolute wavelength of the optical spectral analyser, monochromator, or tuneable filter shall be calibrated precisely before taking measurements.

As was stated in 5.3, it is also conceivable to use a tracking filter immediately after the broadband source (rather than in front of the detector) for this system with the caveats for effective source linewidth understood.



The detector shall have the same stability, dynamic range, sensitivity, resolution and linearity requirements as described in 5.2.1 for the tuneable laser method. One difference for this method is that the power density of the BBS over the optical bandwidth of the detector tends to have much lower powers than an equivalent laser based system, so the sensitivity needs to be much better to make the same measurement.

In the case of Method A.2, the bandpass of tuneable narrowband detector shall be wider than that of tuneable narrow light source.

### 5.10 Temporary joints (TJ)

Temporary joints are specified to connect all system components including the test sample. Examples of temporary joints are a connector, splice, vacuum chuck, or micromanipulator. The loss of the TJ shall be stable and should have a return loss at least 10 dB greater than the maximum return loss to be measured. In the event that connectors are used, it is preferred to use angled ones.

## 6 Procedure

### 6.1 General

The following subclauses will outline the measurement procedure whereby data can be collected and analysed on a DWDM device. Since these devices tend to be sensitive to polarization, all of the measurements shall be made using either the “all states method” or the “Mueller matrix method” in IEC 61300-3-2. These methods will be reiterated in this standard. Due to the number of data points typically required to characterize these devices, it is more practical to use the Mueller matrix method for this procedure. However, in the event of a controversy, the all states method (with sufficient coverage) shall be the reference. This procedure applies to both measurement systems as differences are highlighted in the text.

If polarization information is not required for the measurement (possibly for an incoming inspection test), it is acceptable to use Method B without the polarization controller. In this case, the measured unpolarized transfer function or reference is equivalent to the “average” transfer function or reference mentioned in the text.

In the interest of completeness, it is important to note that there are fibre components such as the fibre Bragg grating (FBG) that are used in DWDM devices. The main difference of these devices is that they can operate as a single port as opposed to the multi-port devices described in the standard. Annex A shows how this measurement technique can be expanded upon to handle single port components.

### 6.2 Preparation of DUTs

All the input and output optics shall be cleaned and inspected in accordance with standard industry practices or the recommendation of the device manufacturer.

### 6.3 System initialization

The test system will be set-up to sweep across the wavelength region of interest ( $\lambda_{\min} - \lambda_{\max}$ ) or span in increments of  $\delta$ , as determined by the specifications of the measurement. For reference purposes, Annex B shows how an appropriate step size can be determined using the desired wavelength uncertainty, the slope of the response curve at the crossing for the centre wavelength, and the maximum possible power error in the pass band measurement.

With the device re-inserted in the test set-up, the measurement procedure outlined in 6.4.2 (or 6.4.3) shall be repeated. In this manner, the various transmission and source monitor spectra  $[T_i(\lambda)]$  and  $M(\lambda)$  can be captured and stored.

## 7 Characterization of the device under test

### 7.1 Determination of transfer functions

#### 7.1.1 General

After the measurement procedures outlined in Clause 6 are completed, the respective minimum, maximum and average transfer functions can be determined from the gathered data.

#### 7.1.2 Accounting for the source variations

If the source monitor port is not used in the set-up, this subclause may be omitted. If it is used, the various transmission spectra should be recalculated for the Mueller matrix method as follows:

$$T_L'(\lambda) = T_L(\lambda)/M(\lambda) \text{ or } t_L'(\lambda) = t_L(\lambda)/m(\lambda) \quad (1)$$

For the all states method, this recalculation need only be made for the average power array since there is no way to correlate the maximum and minimum polarization states between the reference and the monitor paths without storing the results from each individual state.

It should be noted that for the remainder of the document  $T'$  may be substituted for  $T$  or  $t'$  for  $t$  in the equations. The prime factor is left off for convenience.

#### 7.1.3 Calculations for the Mueller matrix method

If the Mueller matrix method is used, it is now necessary to translate the measurements from the known states into their approximate maximum, minimum and average values. That is done by establishing the Mueller matrix:

$$m_{11}(\lambda) = | \frac{1}{2} * [ T_{LA}(\lambda)/t_{LA}(\lambda) + T_{LB}(\lambda)/t_{LB}(\lambda) ] | \quad (2)$$

$$m_{12}(\lambda) = | \frac{1}{2} * [ T_{LA}(\lambda)/t_{LA}(\lambda) - T_{LB}(\lambda)/t_{LB}(\lambda) ] | \quad (3)$$

$$m_{13}(\lambda) = | T_{LC}(\lambda)/t_{LC}(\lambda) - m_{11} | \quad (4)$$

$$m_{14}(\lambda) = | T_{LD}(\lambda)/t_{LD}(\lambda) - m_{11} | \quad (5)$$

where measurements with subscript A were taken with linear horizontal, B with linear vertical, C with linear diagonal, and D with right-hand circular polarization in typical cases.

Maximum, minimum, and average transmissions can then be given as follows:

$$T_{Lmax}(\lambda) = m_{11}(\lambda) + [m_{12}(\lambda)^2 + m_{13}(\lambda)^2 + m_{14}(\lambda)^2]^{1/2} \quad (6)$$

$$T_{Lmin}(\lambda) = m_{11}(\lambda) - [m_{12}(\lambda)^2 + m_{13}(\lambda)^2 + m_{14}(\lambda)^2]^{1/2} \quad (7)$$

$$T_{Lave}(\lambda) = [T_{Lmax}(\lambda) + T_{Lmin}(\lambda)]/2 \quad (8)$$

## 7.2 Transmission ( $T(\lambda)$ ) spectra measurements

### 7.2.1 General

As noted earlier, the transmission spectra around a passband (channel frequency range) for DWDM devices is same characteristics as that for optical filters which have one input port and one output port. In this clause, the measurement method is explained for bandpass filter and notch filter, instead of DWDM devices. A typical transfer function for a band pass filter is shown in Figure 6a, while a graph for a notch filter is shown in Figure 6b.

As shown in Figure 6, the transfer functions are usually plotted on a logarithmic scale so it is useful to convert the measurement arrays from Watts to decibels.

For the all states method (or unpolarized case), the transfer function is calculated as follows:

$$T_{xxx}(\lambda) = 10 \log [t_{L_{xxx}}(\lambda)/T_{L_{xxx}}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (9)$$

where powers are measured in Watts.

If the Mueller matrix method is used, the transfer function is simply:

$$T_{xxx}(\lambda) = -10 \log [T_{L_{xxx}}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (10)$$

where the 'xxx' implies that the equation is valid for the average, minimum and maximum arrays.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-29:2014

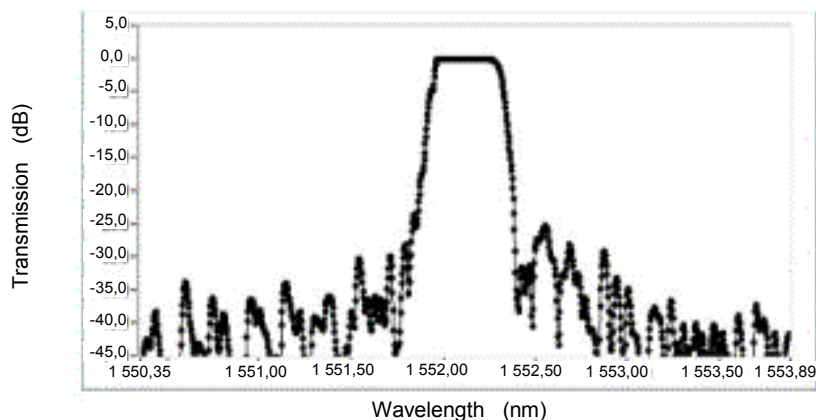


Figure 6a – Band pass filter

IEC 0964/14

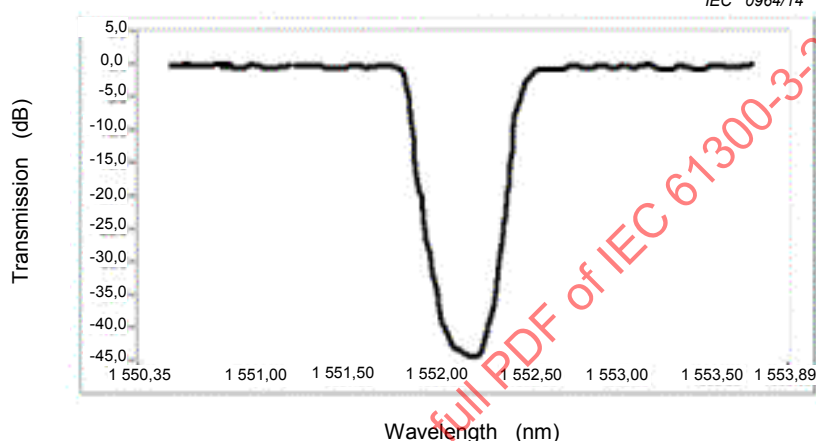


Figure 6b – Notch filter

IEC 0965/14

Figure 6 – Normalized transfer functions

### 7.2.2 Peak power calculation

Nearly all of the spectral techniques described in this subclause shall be related to either the peak power of the pass band for band pass filters, or the peak power of the through channels for notch filters. In either case, the measured transfer function will not be flat across those regions, so it is necessary to understand how the peak is determined.

There are several common methods for selecting the peak power. A few of them are listed below:

$$T_{\max} = \max \{T(\lambda)\} \quad (11)$$

$$T_{\max} = \text{mean} \{T(\lambda_h - \text{CFR}/2), T(\lambda_h + \text{CFR}/2)\} \quad (12)$$

$$T_{\max} = \text{shorth} \{T(\lambda_h -), T(\lambda_h +)\} \quad (13)$$

While the first two methods involve taking either the maximum or mean reading across a wavelength range, the third is less obvious and is explained in Annex C.

This standard does not recommend a preferred method, but the subtle differences shall be understood and noted in the measurement.

### 7.2.3 Normalization of the transfer function

The transfer functions are usually represented on a normalized, logarithmic scale (as seen in Figure 6) so the peak transmission as determined in 7.2.2 is at 0 dB. The plotted functions can be obtained as follows:

$$T_N(\lambda) = [T(\lambda) - T_{\max}] \text{ (dB)} \quad (14)$$

Most of the measurements detailed in the following subclauses are based on the normalized transfer function.

### 7.3 Calculation of optical attenuation (A)

There are generally three types of optical attenuation (A) documented for DWDM devices. The first is the optical attenuation of the nominal channel of the device ( $A(\lambda_h)$ ). The second is the optical attenuation of the nearest neighbours or isolated channels ( $A(\lambda_{i=h+1})$  and  $A(\lambda_{g=h-1})$ ). The final optical attenuation is that of the other isolated channels ( $A(\lambda_x)$  where  $x \neq h, i, \text{ or } g$ ) termed the non-adjacent channel isolation.

In each of these cases, the insertion loss should be specified as a threshold throughout  $\lambda = \lambda_h \pm \text{CFR}/2$  where  $\lambda_h$  is the nominal wavelength for which the device is intended and CFR is the entire operating wavelength range specified for the device or respective channel.

For the all states method, optical attenuation is calculated as follows:

$$A(\lambda) = 10 \log [t_{\text{Lave}}(\lambda)/T_{\text{Lave}}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (15)$$

where powers are measured in Watts.

If the Mueller matrix method is used, the optical attenuation is simply:

$$A(\lambda) = -10 \log [T_{\text{Lave}}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (16)$$

In this case the reference sweep has already been accounted for in the matrix formulae.

As mentioned above, the channel, nearest neighbour, and non-adjacent channel optical attenuation should be taken over the centre wavelength range of the device, leading to several different interpretations (minimum, maximum, mean) for each.

### 7.4 Insertion loss (IL)

Insertion loss is the optical attenuation for channel to transmit. Insertion loss is commonly defined as the maximum value of optical attenuation over the centre frequency range:

$$IL(\lambda_h) = \max (A(\lambda_h \pm \text{CFR}/2)) \text{ (dB)} \quad (17)$$

Insertion loss expressed using transfer function is as follows:

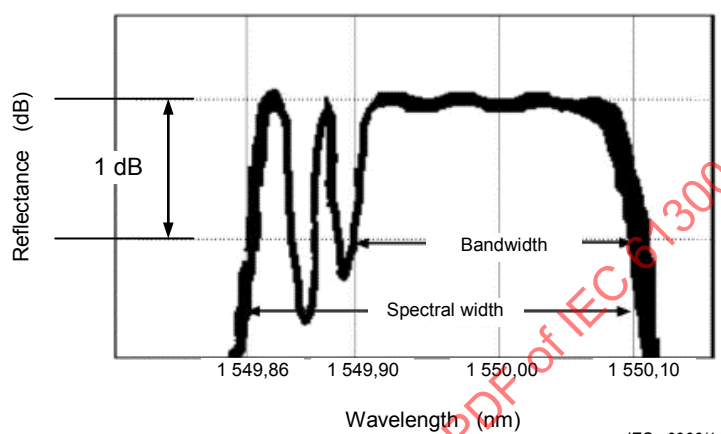
$$IL(\lambda_h) = -10 \log [T_{\text{Lmin}}(\lambda_h \pm \text{CFR}/2)] \text{ (dB)} \quad (18)$$

Insertion loss is positive value in dB.

## 7.5 Bandwidth and full spectral width

### 7.5.1 General

Measurements of the pass band bandwidth (BW) are made relative to the peak of the spectral response of the normalized transfer function. An example of a reflectance spectrum for a FBG is shown in Figure 7 with the –1 dB BW highlighted. This presents an opportunity to show the difference between the BW and the full spectral width measurements, since the FBG has more than two –1 dB crossing points. In calculating the BW, it is necessary to use the closest crossing points on either side of the centre wavelength. In contrast, the full spectral width would use the furthest crossing points on either side of the centre wavelength.



**Figure 7 – BW and full spectral width for a fibre Bragg grating**

In either case, it is unlikely that the actual crossing points of interest ( $T_x$ ) will be one of the points in the measurement set. To determine the crossings in such a case, it is common to use a linear interpolation of the two points closest to the crossing. Thus, if the point just above the crossing is represented as ( $T_{x+}$ ,  $\lambda_{x+}$ ) and the point just below the crossing as ( $T_{x-}$ ,  $\lambda_{x-}$ ), the crossing wavelength  $\lambda_x$  is determined as follows:

$$\lambda_x = \left( \frac{\lambda_{x+} - \lambda_{x-}}{T_{x+} - T_{x-}} \right) * (T_x - T_{x-}) + \lambda_{x-} \quad (19)$$

It is also acceptable to use the points just above or below the desired crossing for the respective BW calculations.

BW measurements should also include a spectral range over which the measurement should be limited. This is especially necessary for devices that exhibit a repeating structure or that have higher order modes.

For a notch filter (Figure 6b) the centre wavelength is located at the minimum of the spectral response curve, and the stop band is defined by the BW at a point relative to the top skirts of the filter (i.e. BW (–40 dB)).

### 7.5.2 Centre wavelength

The centre wavelength measurements for the purposes of this standard shall be based upon the X dB BW measurement. The centre shall be defined as the median of the two crossing points. For example, a device could have a –1 dB centre of 1 550,00 nm if its –1 dB crossings are at 1 549,90 nm and 1 550,10 nm, and an 1 dB band width of 0,20 nm.

The BW centre may differ from the nominal operating wavelength of the DUT as in practice the nominal centre may also incorporate other factors such as isolation, dispersion and/or polarization effects.

### 7.5.3 Centre wavelength deviation

The centre wavelength deviation is the difference between the centre wavelength and nominal wavelength of the specified channel for DWDM devices. Where centre wavelength is defined as the centre of the wavelength range which is  $X$  dB optical attenuation more than the minimum insertion loss (minimum optical attenuation) for the specified channel frequency range (passband).

NOTE 0,5, 1 or 3 are generally used for  $X$ .

### 7.5.4 $X$ dB bandwidth

The  $X$  dB bandwidth is the minimum wavelength range at  $X$  dB increase from the minimum insertion loss. As shown in Figure 8, the centre wavelength can be shifted due to temperature dependence, polarization dependence and long-term aging. The  $X$  dB bandwidth includes this shift.

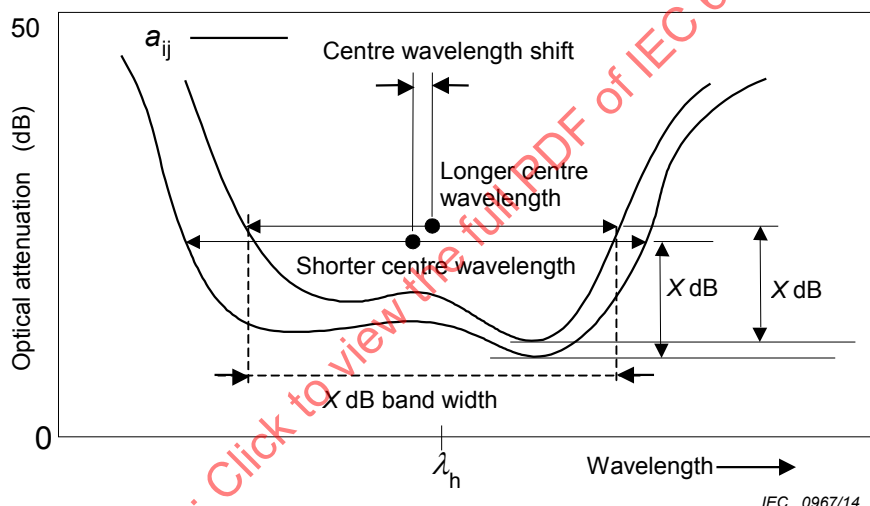
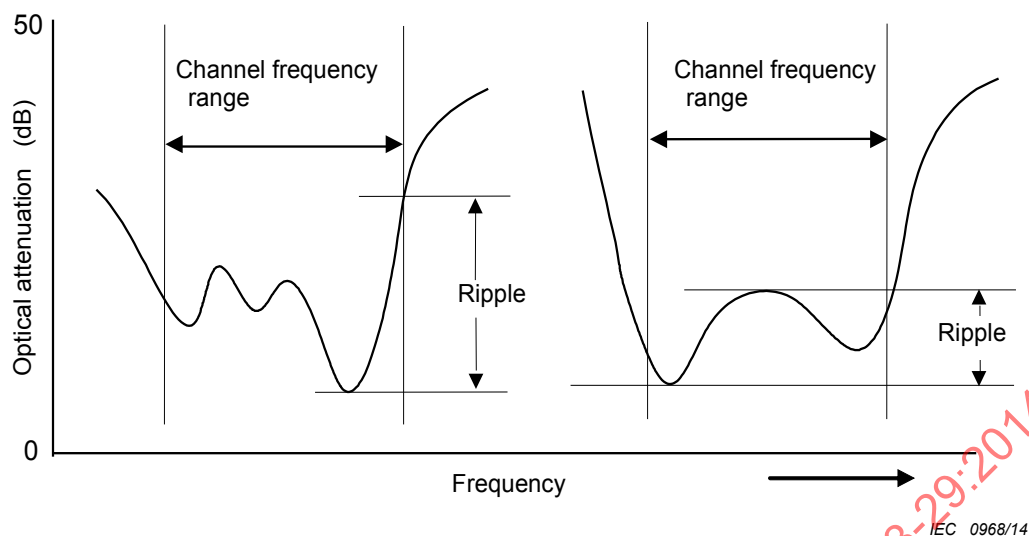


Figure 8 –  $X$  dB bandwidth

### 7.6 Passband ripple

Passband ripple is the maximum variation between the maximum and the minimum of the optical attenuation over the channel frequency range (passband).





**Figure 9 – Passband ripple**

## 7.7 Isolation (I) and crosstalk (XT)

### 7.7.1 General

Isolation is a measure of the power from channels outside the channel frequency range leaking through a band pass filter relative to the input power. It is usually defined for the nearest neighbour and the non-adjacent cases. Figure 10 illustrates these concepts.

Crosstalk is different to isolation. The crosstalk is the ratio of undesired signal (or noise) power to the desired signal power.

Isolation is positive in dB, and crosstalk is negative in dB. In Figure 10, upwards pointing arrows show positive values and downward pointing arrows show negative values.

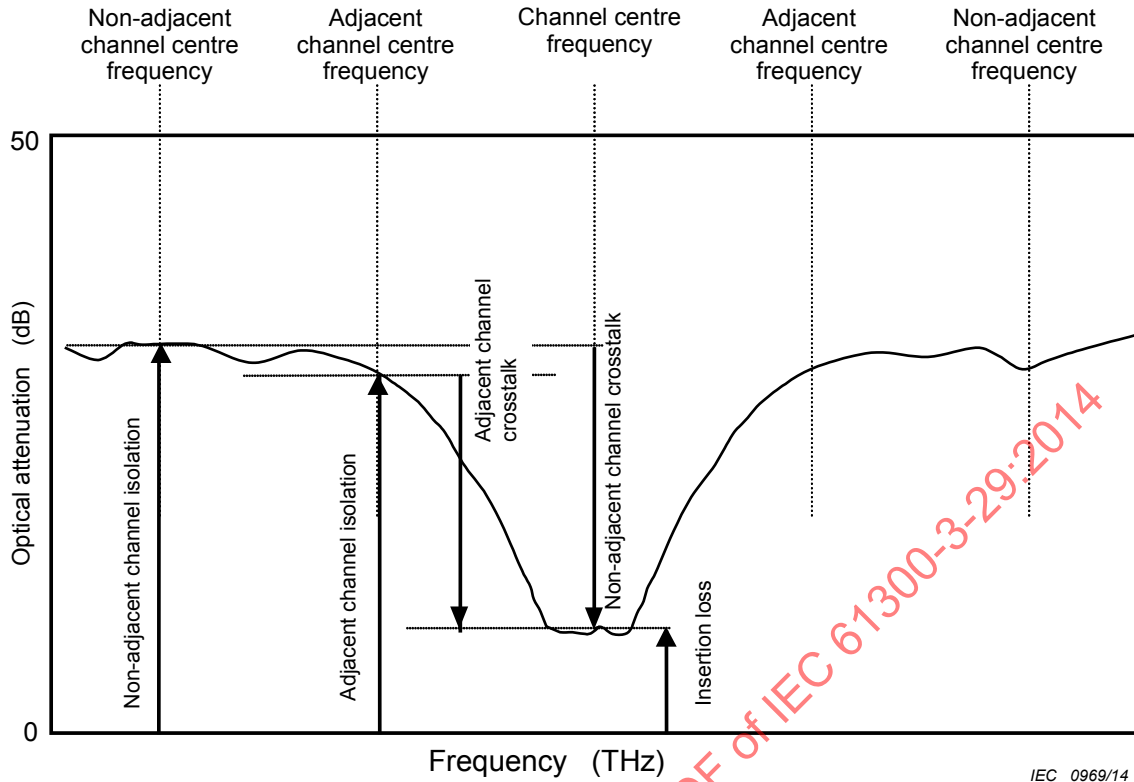


Figure 10 – Channel isolation and crosstalk

### 7.7.2 Channel isolation

The channel isolation at a particular wavelength [ $I(\lambda_j)$ , where  $j \neq h$ ] is the optical attenuation at that wavelength,  $\lambda_j$ . It is simply expressed as

$$I(\lambda_j) = A(\lambda_j) \text{ (dB)} \quad (20)$$

For using transfer function, it is expressed as

$$I(\lambda_j) = -10 \log [T(\lambda_j)] \text{ (dB)} \quad (21)$$

### 7.7.3 Channel crosstalk

The channel crosstalk at a particular wavelength is the ratio of the optical output power of the wavelength ( $\lambda_j$ , where  $j \neq h$ ) to the optical output power of the wavelength ( $\lambda_h$ ). Crosstalk is calculated using optical attenuation,  $A$  as

$$XT(\lambda_j) = A(\lambda_h) - A(\lambda_j) \text{ (dB)} \quad (22)$$

As  $A(\lambda_h)$  is generally smaller than  $A(\lambda_j)$ , the crosstalk is a negative value in dB.

NOTE As  $A(\lambda_h)$  is the insertion loss and  $A(\lambda_j)$  is the isolation, crosstalk is the subtraction of the isolation from the insertion loss.

### 7.7.4 Adjacent channel isolation

The adjacent channel isolation is the isolation coming from the adjacent ( $\lambda_{j=h \pm 1}$ ) transmission channel ( $\lambda_h$ ).

NOTE There are two adjacent channel isolations, for the channels of  $g=h-1$  and  $i=h+1$ , unless channel  $h$  is the shortest wavelength (highest frequency) or longest wavelength (lowest frequency) in all channels.

### 7.7.5 Adjacent channel crosstalk

The adjacent channel crosstalk is the crosstalk coming from the adjacent ( $\lambda_{j=h\pm 1}$ ) transmission channel ( $\lambda_h$ ).

NOTE There are two adjacent channel crosstalks, for the channels of  $g=h-1$  and  $i=h+1$ , unless channel  $h$  is the shortest wavelength (highest frequency) or longest wavelength (lowest frequency) in all channels.

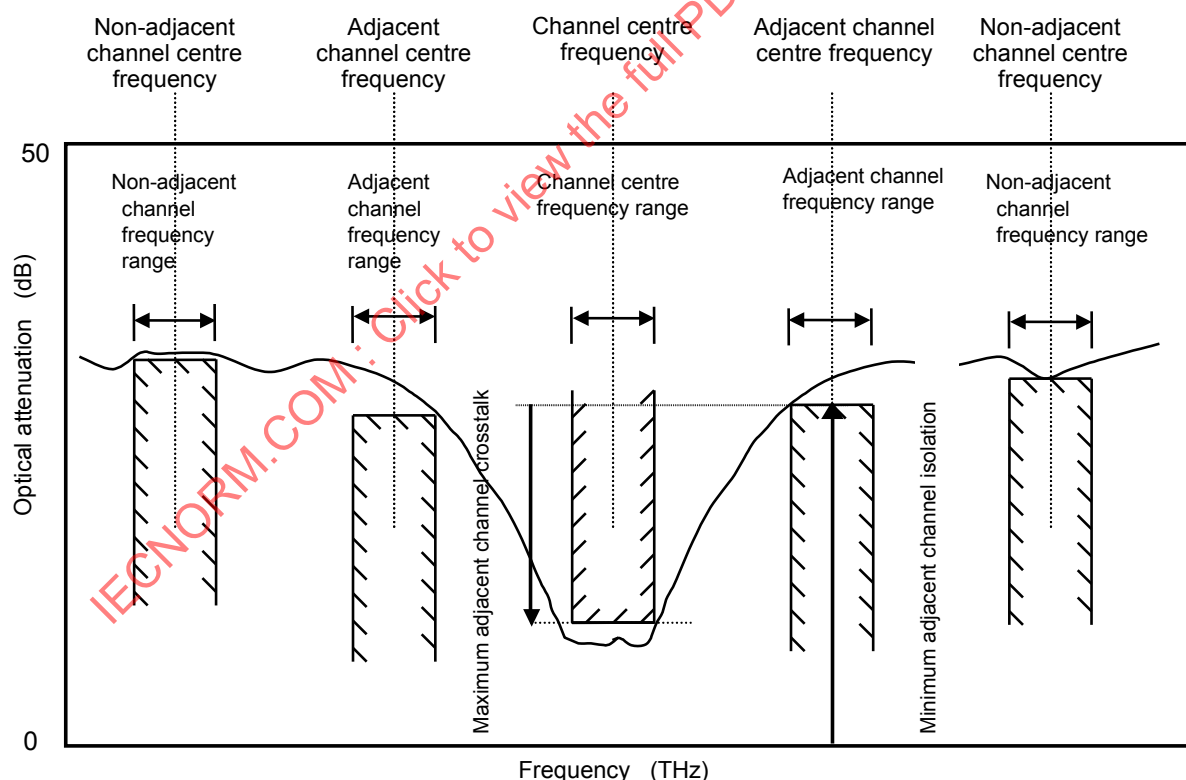
### 7.7.6 Minimum adjacent channel isolation

The minimum adjacent channel isolation is the minimum value of the adjacent channel isolation over the channel frequency range (passband) of the adjacent channel, as shown in Figure 11.

### 7.7.7 Maximum adjacent channel crosstalk

The maximum adjacent channel crosstalk is the maximum value of the adjacent channel crosstalk over the channel frequency range (passband) for the channel  $h$ ,  $g$  and  $i$ . It is calculated as the subtraction of the minimum optical attenuation of channel  $j$  ( $g$  and  $i$ ;  $h\pm 1$ ) from the maximum optical attenuation of channel  $h$ , as:

$$XT_{adj}^{max}(\lambda_j) = \max[ A(\lambda_h \pm CFR/2) ] - \min[ A(\lambda_j \pm CFR/2) ] \text{ (dB)} \quad (23)$$



IEC 0970/14

Figure 11 – Minimum adjacent channel isolation

### 7.7.8 Non-adjacent channel isolation

The non-adjacent channel isolation is the channel isolation which is not adjacent to the transmission channel. Refer to Figure 10.

### 7.7.9 Non-adjacent channel crosstalk

The non-adjacent channel crosstalk is the channel crosstalk which is not adjacent to the transmission channel. Refer to Figure 10.

### 7.7.10 Minimum non-adjacent channel isolation

The minimum non-adjacent channel isolation is the minimum value of the non-adjacent channel isolation over the channel frequency range (passband) of the non-adjacent channel, as shown in Figure 11.

### 7.7.11 Maximum non-adjacent channel crosstalk

The maximum non-adjacent channel crosstalk is the maximum value of the non-adjacent channel crosstalk over the channel frequency range (passband) for the channel  $h$  and all other channels  $j$  ( $j \neq h$ ,  $g$  and  $i$ ). It is calculated as the subtraction of the minimum optical attenuation of channel  $j$  ( $j \neq h$ ,  $g$  and  $i$ ) from the maximum optical attenuation of channel  $h$ , as:

$$XT_{\text{nonadj}}^{\text{max}}(\lambda_j) = \max[ A(\lambda_h \pm CFR/2) ] - \min[ A(\lambda_j \pm CFR/2) ] \text{ (dB)} \quad (24)$$

### 7.7.12 Total channel isolation

Total channel isolation is defined for 1xN DWDM devices when they are used for OMUX. It is calculated as the cumulative of the isolations for isolated channels. It is expressed using the transfer function as:

$$I_{\text{tot}}(\lambda_h) = -10 \log \left( \sum_{i=1, \neq h}^N T(\lambda_i) \right) \text{ (dB)} \quad (25)$$

### 7.7.13 Total channel crosstalk

Total channel crosstalk is defined for 1xN DWDM devices when they are used for OMUX. It is the ratio of the cumulative optical output powers of the wavelength ( $\lambda_j$ , where  $j \neq h$ ) to the optical output power of the wavelength ( $\lambda_h$ ). It is calculated as:

$$XT_{\text{tot}}(\lambda_h) = I_{\text{tot}}(\lambda_h) - IL(\lambda_h) \text{ (dB)} \quad (26)$$

### 7.7.14 Minimum total channel isolation

Minimum total channel isolation is defined for 1xN DWDM devices when they are used for OMUX. It is calculated as the cumulative of the isolations for isolated channels over channel frequency range. It is expressed using transfer function as:

$$I_{\text{tot}}^{\text{max}}(\lambda_h) = -10 \log \left( \sum_{i=1, \neq h}^N T(\lambda_i \pm CFR/2) \right) \text{ (dB)} \quad (27)$$

### 7.7.15 Maximum total channel crosstalk

Maximum total channel crosstalk is defined for 1xN DWDM devices when they are used for OMUX. It is the ratio of the cumulative optical output powers of the wavelength ( $\lambda_j$ , where  $j \neq h$ ) over channel frequency range to the optical output power of the wavelength ( $\lambda_h$ ). It is calculated as:

$$XT_{\text{tot}}^{\text{max}}(\lambda_h) = I_{\text{tot}}^{\text{max}}(\lambda_h \pm CFR/2) - IL(\lambda_h \pm CFR/2) \text{ (dB)} \quad (28)$$

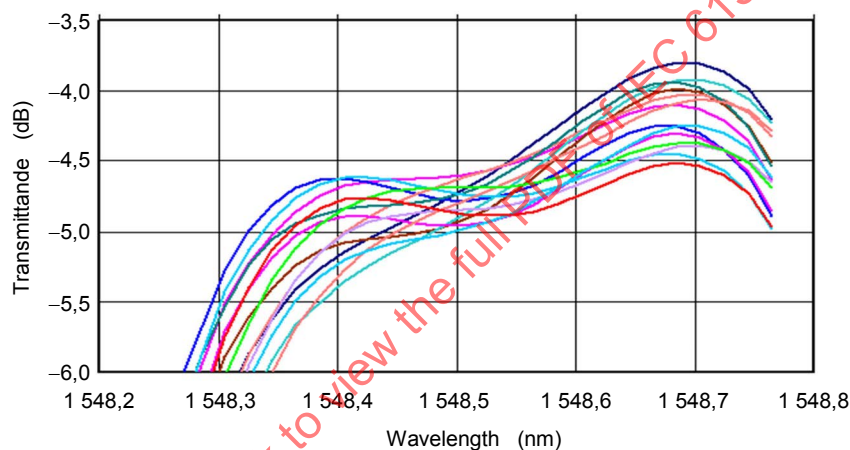
### 7.8 Polarization dependent loss ( $PDL(\lambda)$ )

The PDL can be calculated for either the all states or the Mueller matrix method as follows:

$$PDL(\lambda) = T_{\text{max}}(\lambda) - T_{\text{min}}(\lambda) \text{ (dB)} \quad (29)$$

where the maximum and minimum transfer functions are in decibels. To obtain a spectrum of PDL, this measurement can be repeated for each point in the wavelength sweep of the process.

The main areas of interest for the PDL are in the CFRs of the nominal and the isolated channels. Clearly the PDL of the device will impact both the optical attenuation and the isolation parameters if the end application of the device is in a laser based system. However, the PDL will also affect the bandwidth and centre wavelength. Figure 12 is an example showing the transfer function of a DWDM passband using varying states of polarization.

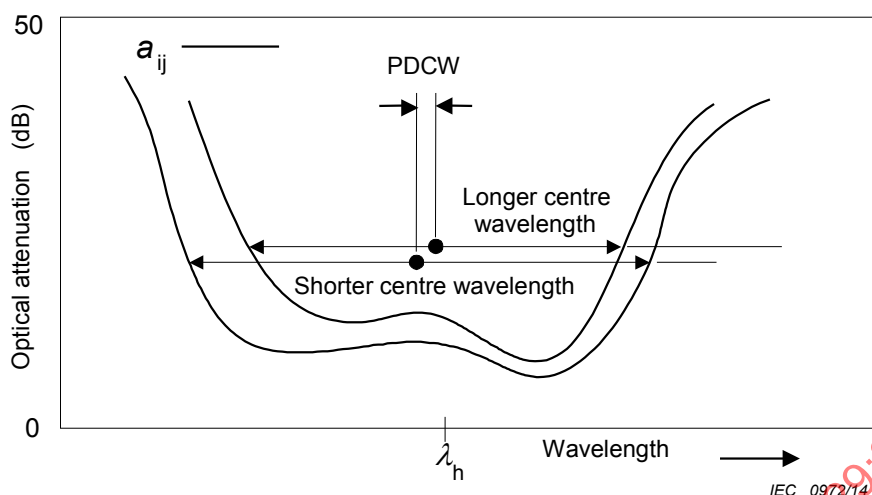


IEC 0971/14

**Figure 12 – Polarization dependence of the transfer function**

### 7.9 Polarization dependent centre wavelength (PDCW)

The PDCW is the maximum variation of centre wavelength over all state of polarization (SOPs). Refer to Figure 13.



**Figure 13 – Polarization dependent centre wavelength (PDCW)**

### 7.10 Channel non-uniformity

The channel non-uniformity for  $1 \times N$  DWDM devices is the difference between the maximum and the minimum insertion loss for every channel from the common port. Channel non-uniformity is commonly defined as insertion loss at the nominal wavelength (frequency) for each channel. It is expressed as:

$$CNU = \max_{i=1-N}(IL(\lambda_i)) - \min_{j=1-N}(IL(\lambda_j)) \text{ (dB)} \quad (30)$$

### 7.11 Out-of-band attenuation

Out-of-band attenuation is the minimum optical attenuation of channels that fall outside of shortest channel wavelength range (highest channel frequency range) and longest channel wavelength range (lowest channel frequency range).

## 8 Details to be specified

### 8.1 Light source (S)

#### 8.1.1 Tuneable narrowband light source (TNLS)

- Output power
- Output power uncertainty including setting accuracy, stability and repeatability
- Wavelength scanning range
- Wavelength uncertainty including setting accuracy, stability and repeatability
- Step resolution
- Scan time
- Effective source linewidth (laser linewidth or filter band width)
- Polarization extinction ratio

#### 8.1.2 Broadband source (BBS) (unpolarized)

- Spectral power density
- Total power stability
- Wavelength bandwidth

- Degree of polarization

## **8.2 Polarization controller (PC)**

- Scanning rate
- Insertion loss
- Insertion loss stability for polarization status

## **8.3 Polarizer (PL)**

- Insertion loss
- Polarization extinction ratio

## **8.4 Tracking filter (TF)**

- Tracking speed
- Bandwidth
- Insertion loss
- Insertion loss stability for tracking wavelength

## **8.5 Reference branching device (RBD)**

- Power splitting ratio
- Directivity
- PDL
- Intrinsic loss
- Intrinsic return loss
- Wavelength monitor

## **8.6 Temporary joint (TJ)**

- Type of optical connection
- Intrinsic loss
- Intrinsic return loss

## **8.7 Wavelength meter (WM)**

- Wavelength uncertainty

## **8.8 Detector (D)**

### **8.8.1 Broadband detector (BBD)**

- Repeatability
- Dynamic range
- Power uncertainty including power linearity and polarization dependency
- Peak power reference (maximum, mean, or shorth)
- Intrinsic return loss

### **8.8.2 Tuneable narrowband detector (TNBD)**

- Tuning speed
- Wavelength uncertainty
- Wavelength resolution
- Power uncertainty including power linearity and polarization dependency
- Dynamic range

### 8.9 DUT

- Type of technology
- Number of operating channels and channel spacing
- Values of the operating and isolation wavelengths
- Value of the operating wavelength range used in the equations
- Operating temperature during test
- Measurement uncertainty

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-29:2014



## Annex A (informative)

### Reflection spectrum measurements

#### A.1 General

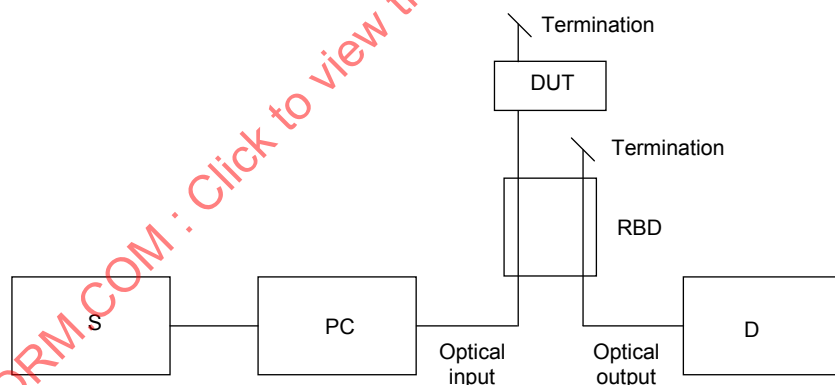
The purpose of this annex is to describe a method for measuring the reflection spectrum of a DWDM device or single port filter device. An example of a single port filter device is a FBG that may be used in either a transmission or reflectance mode. In a transmission mode, the FBG acts as a notch filter and has a single input and single output port; however, in a reflectance mode the FBG acts as a passband filter but has a common input and output port. A FBG passband filter would always be used in a system with either a circulator or some other type of branching device (such as a passive coupler). The compound device (FBG + circulator) would fall under the definition of a DWDM devices as prescribed in the standard.

Either of the two methods described in this procedure can be used to make reflection measurements with only slight changes to the apparatus and the measurement procedure.

#### A.2 Apparatus

##### A.2.1 General

Starting with the apparatus shown in Figure A.1, the DUT can be measured in reflection mode by adding either a directional coupler or a circulator to the set-up to couple light into and out of the DUT, as shown in Figure A.1.



IEC 0973/14

**Figure A.1 – Measurement set-up for a single port device**

##### A.2.2 Reference branching device

The RBD can be either an optical circulator or a directional coupler (shown). A circulator has three ports and serves to direct light from ports 1 and 2 to ports 2 and 3 respectively. Inputs to port 3 are dissipated. Each port shall have a return loss >50 dB, and port to port PDL should be less than 0,05 dB. The directivity between ports 1 and 3 should be >50 dB and between ports 3 and 1 should be >30 dB. It is also acceptable to use a passive 2 x 2 directional coupler in this arrangement in place of the circulator. In this case, care should be taken to properly terminate the unused leg of the coupler to reduce back reflections. The specification on the termination is in A.2.3.

### A.2.3 Optical termination

In the event that optical terminations are required in either the measurement or reference set-up, the termination should provide a return loss >50 dB over the wavelength region of interest.

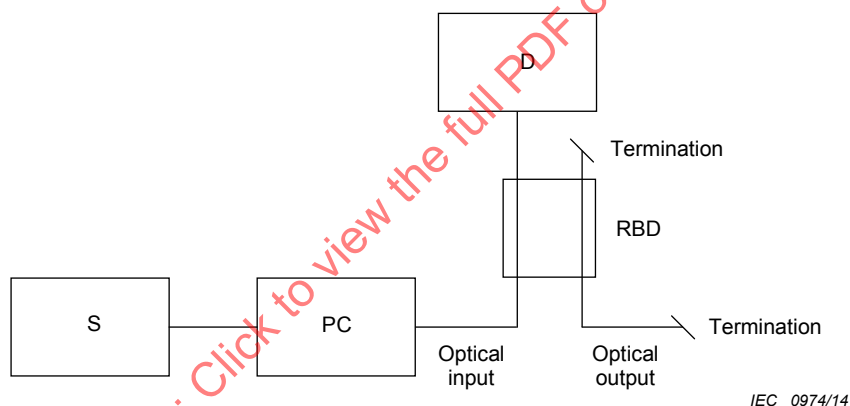
## A.3 Measurement procedure

### A.3.1 General

The reflection measurement procedure will be nearly identical to the transmission measurement procedure described in Clause 6. The main difference is that the two additional optical paths (source through RBD to DUT, and reflection from DUT through RBD to the detector) need to be calibrated out of the measurement. Although it will not be explicitly stated, this procedure implies that all the measurements are made at each polarization state as in the transmission measurement.

### A.3.2 Determination of source reference spectrum

The first step is to calibrate the source for the loss in the RBD path connecting the source sub-system and the DUT. This is accomplished by removing the DUT from Figure A.1 and connecting the detector in its place as shown in Figure A.2. The unused RBD leg shall be properly terminated as well.

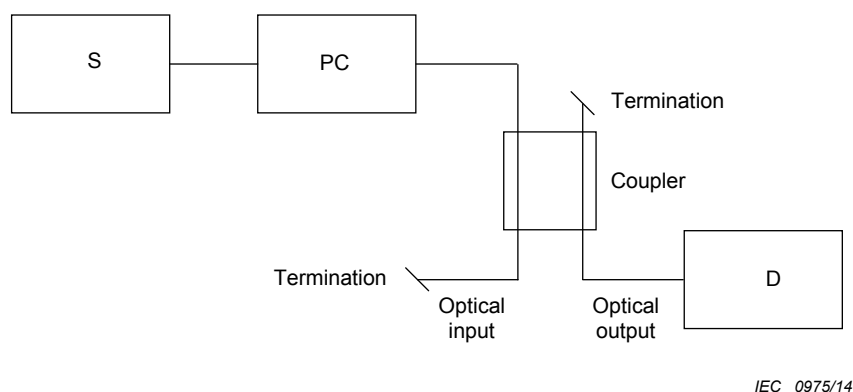


**Figure A.2 – Source reference set-up**

As the tuning system is scanned across the wavelength span, the source reference transmission spectrum  $[t(\lambda)]$  can be captured and stored by the detector.

### A.3.3 Determination of system constant

The system constant,  $G(\lambda)$ , refers to the RBD path loss connecting the DUT and the detector. It can be obtained using the set-up in Figure A.3.



**Figure A.3 – Set-up for measurement of system constant**

As the tuning system is scanned across the wavelength span, measure and record the power at the detector as  $P_b(\lambda)$ .

Now connect the output of the polarization controller directly to the detector and measure and record the power as  $P_{b0}(\lambda)$ . The system constant,  $G(\lambda)$ , is calculated as follows:

$$G(\lambda) = -10 \log[P_{b0}(\lambda)/P_b(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (\text{A.1})$$

#### A.3.4 Determination of reference reflectance spectrum

With the DUT reinserted into Figure A.1, terminate the input fibre to the DUT by wrapping the fibre 5 turns around a 10 mm mandrel.

As the tuning system is scanned across the wavelength span, the reference reflectance spectrum  $[r(\lambda)]$  can be captured and stored by the detector. This is essentially the “system” back reflection.

#### A.3.5 Determination of device reflectance spectrum

Remove the mandrel wrap (or effective termination) from the test set-up.

With the test set-up as shown in Figure A.1, scan the system across the wavelength span and record the reflectance spectrum  $[R(\lambda)]$  from the detector.

#### A.3.6 Determination of optical attenuation

The reflected transfer function can now be characterized across the entire wavelength span of the system ( $\lambda_{\min} - \lambda_{\max}$ ) as follows:

$$A(\lambda) = 10 \log [t(\lambda) / (R(\lambda) - r(\lambda))] + G(\lambda) \text{ (dB)} \quad (\text{A.2})$$

with all powers measured in Watts, where  $G(\lambda)$  is the system constant as obtained in A.3.2.

The various polarization states should be handled as specified for the all states or Mueller Matrix method (whichever is used) and the optical attenuation should be reported using the average polarization value.

#### A.4 Reflection [ $R(\lambda)$ ] spectra measurements

Once the data for the reflectance spectra is obtained, all of the parameters and measurements that were shown in Clause 7 can be derived by using  $R(\lambda)$  in place of the  $T(\lambda)$  data and the optical attenuation as calculated in A.3.6.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-29:2014

## Annex B (informative)

### Determination of the wavelength increment parameter

This annex describes a method for choosing an appropriate wavelength spacing for measuring a transmission or reflectance response curve.

Let  $y_1, y_2, \dots, y_n$  (in dB) be the measured response values (hereafter “responses”) in the nominally “flat”, passband region of the transmission/reflectance curve, then the  $-x$  dB value of the transmission/reflectance response  $y_{-x}$  is obtained as follows:

$$y_{-x} = \max(y_1, y_2, \dots, y_n) - x \quad (\text{B.1})$$

If there are no outlying measurements,  $\max(y_1, y_2, \dots, y_n)$  is the estimate of the “plateau” level of the curve. We can determine the proper sample size, hence the proper wavelength increment, based on the desired precision of this plateau estimate. If we assume  $y_i$  are independent and equally probable to lie anywhere between the values  $a$  and  $b$  (i.e. the maximum possible measurement error is  $(b-a)$ ), then it can be shown [1]<sup>1</sup> that the standard deviation (SD) of  $y_{-x}$  is given by

$$SD(y_{-x}) = \sqrt{\frac{n}{(n+2) \times (n+1)^2}} (b-a) \approx \frac{b-a}{n+2} \quad (\text{B.2})$$

We can then equate this standard deviation to a threshold value to obtain the sample size required. For example, if we want to have an estimate of the  $-x$  dB value of the transmission/reflectance response with a standard deviation less than one-tenth of the maximum error measurements (in the top “flat” region), we need to have at least eight measurements in that area.

Once we have a “good” estimate of the  $-x$  dB transmission/reflectance response value, the lower and upper  $-x$  dB wavelengths can be calculated. We consider only the lower  $-x$  dB wavelength  $\lambda_L$  here. Let  $y^-$  and  $y^+$  be the first two consecutive measured responses such that  $y^- \leq y_{-x} \leq y^+$ . The corresponding wavelengths for  $y^-$  and  $y^+$  are  $\lambda_1$  and  $\lambda_1 + h$  ( $h > 0$ ), respectively.

The lower  $-x$  dB wavelength based on linear interpolation is given by

$$\lambda_L = \lambda_1 + \frac{y_{-x} - y^-}{y^+ - y^-} h \quad (\text{B.3})$$

The maximum error of  $\lambda_L$  can be estimated by [2]:

$$\Delta\lambda_L \approx \frac{\Delta y}{dy/d\lambda_L} \quad (\text{B.4})$$

---

<sup>1</sup> References in square brackets refer to the Bibliography.

where  $\Delta y$  is the maximum possible error in the transmission/reflectance measurements. An approximate value for  $dy/d\lambda_L$  based on difference is  $(y^+ - y^-)/h$ , or

$$\Delta\lambda_L \approx \frac{\Delta y}{y^+ - y^-} h \quad (\text{B.5})$$

An appropriate wavelength increment  $h$  can be obtained by requiring the maximum error of  $\lambda_L$  be less than a threshold value, say,  $\varepsilon$ , or

$$h \leq \frac{\varepsilon(y^+ - y^-)}{\Delta y} \quad (\text{B.6})$$

The result in Formula (6) indicates that when the response curve is slow-varying in regions where  $y_{-x}$  is located ( $y^+ - y^-$  is small), or  $\Delta y$  is large, we need a smaller increment.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-29:2014

## Annex C (informative)

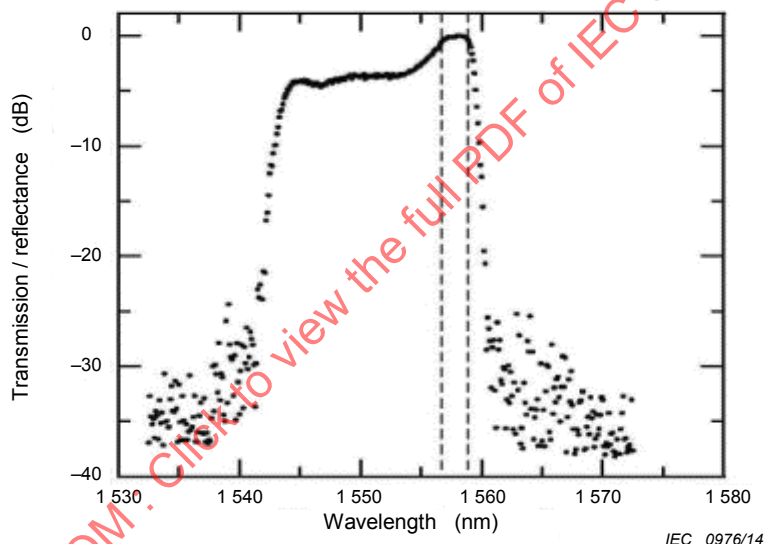
### Determination of a mean value using the shorth function

This annex describes a robust statistical method for determining the lower and upper  $-x$  dB wavelengths of a transmission or reflectance curve.

When there are outlying measurements, it may be misleading to calculate the lower and upper  $-x$  dB wavelengths with reference to the maximum value of the response curve according to

$$y_{-x} = \max(y_i, i = 1, 2, \dots) - x \quad (\text{C.1})$$

For example, the dotted vertical lines in Figure C.1 represent the lower and upper  $-x$  dB wavelengths calculated using Equation (1). Obviously, the results reflect only the presence of the hump at the right side. Thus, we need a robust estimate of  $y_{-x}$  representing the plateau level of the transmission/reflectance curve.



**Figure C.1 – Example response and  $-x$  dB wavelengths**

Let  $y_1, y_2, \dots, y_n$  be the measured responses in the upper region of the transmission curve. This population can be obtained by accepting only the responses that are greater than a cut-off value. For the example in Figure C.1, we could use a cut-off value, say,  $-6$  dB. It is not critical to use a particular cut-off value; any reasonable values will yield almost identical results because of the robustness of the procedure.

One might use  $\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n$  to estimate the plateau level of the curve. The mean, however, is sensitive to outliers. We propose two alternatives. The first is the median of  $y_i$ . The second is a statistic, called *shorth*, which is similar to the median (in robustness) but has a convenient geometrical interpretation.

The shorth of  $y_i, i = 1, 2, \dots, n$  is the midpoint of the shortest interval that includes half of  $y_i$ . This is done by finding the smallest of the values

$$y_k^* - y_1^*, y_{k+1}^* - y_2^*, \dots, y_n^* - y_{n-k+1}^* \quad (\text{C.2})$$

where  $k = \lfloor n/2 \rfloor + 1$ ,  $\lfloor p \rfloor$  is the integer part of  $p$ , and  $y_1^* \leq y_2^* \leq \dots \leq y_n^*$  are the ordered measurements of  $y_i$ . Then, the shorth simply equals the midpoint of the shortest interval. For example, let the ordered measurements of  $y_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 11$ , be

$$1 \ 3 \ 4 \ 7 \ 8 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 27 \ 100 \quad (\text{C.3})$$

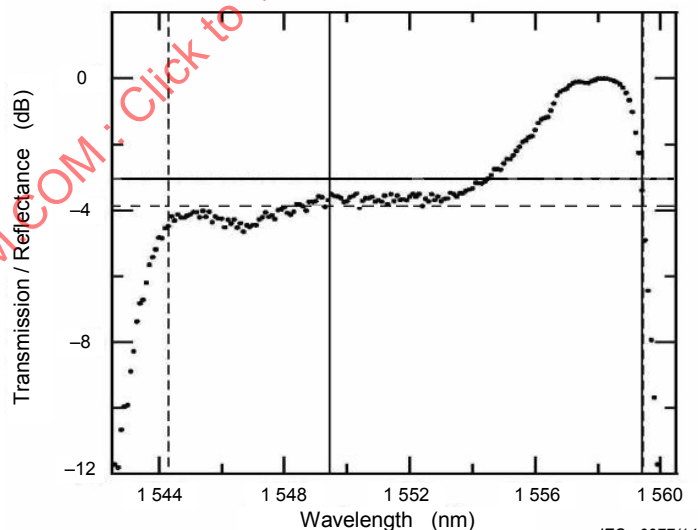
Then  $k = \lfloor 11/2 \rfloor + 1 = 6$  and the intervals that include half (6) of the measurements are

$$(1; 14), (3; 15), (4; 16), (7; 17), (8; 27), (14; 100) \quad (\text{C.4})$$

The shortest interval is (7, 17) and the shorth =  $(17 + 7)/2 = 12$ . Note that the median of the above 11 measurements is 14, while the mean is 19,3 (skewed by a single measurement).

If we fit a horizontal line to  $y_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  the mean of  $y_i$  is the line that minimizes the sum of the squared residuals (differences between the predicted and measured  $y_i$ ). The shorth of  $y_i$  is the line that minimizes the median of the squared residuals. The median is not affected by the values of the outlying residuals and will not change unless more than half the residuals represent bad or spurious measurements. In short, the shorth is a robust estimate of the plateau level of the transmission/reflectance curve.

Figure C.2 displays the estimated plateau of the transmission/reflectance curve based on the mean (solid horizontal line) and the shorth (dotted horizontal line) of  $y_i$ . It also shows the – 0,5 dB wavelengths based on the shorth (dotted vertical lines) and the mean (solid vertical lines).



IEC 0977/14

**Figure C.2 – Example showing the –0,5 dB wavelengths based on the shorth (dotted vertical lines) and the mean (solid vertical lines)**



### Bibliography

- [1] MOOD, A.M., GRAYBILL, F.A., and BOES, D.C. *Introduction to the Theory of Statistics*. McGraw-Hill, New York, p. 252, 1974.
  - [2] ABRAMOWITZ, M. and STEGUN, I.A., *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. National Bureau of Standards, p. XII, 1964.
- 

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-3-29:2014

## SOMMAIRE

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                      | 43 |
| 1 Domaine d'application .....                                                           | 45 |
| 2 Références normatives .....                                                           | 45 |
| 3 Termes, définitions, et abréviations et symboles .....                                | 46 |
| 3.1 Termes et définitions .....                                                         | 46 |
| 3.2 Symboles et abréviations .....                                                      | 47 |
| 3.2.1 Symboles .....                                                                    | 47 |
| 3.2.2 Abréviations .....                                                                | 47 |
| 4 Description générale .....                                                            | 48 |
| 5 Appareillage .....                                                                    | 49 |
| 5.1 Montage de mesure .....                                                             | 49 |
| 5.2 Source de rayonnement lumineux, S .....                                             | 50 |
| 5.2.1 Source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite (TNLS) – Méthode A ..... | 50 |
| 5.2.2 Source à large bande (BBS) – Méthode B .....                                      | 51 |
| 5.3 Filtre de suivi (TF) .....                                                          | 51 |
| 5.4 Dispositif de couplage de référence (RBD) .....                                     | 51 |
| 5.5 Appareil de mesure de longueur d'onde (WM) .....                                    | 52 |
| 5.6 Polariseur (PL) .....                                                               | 52 |
| 5.7 Contrôleur de polarisation (PC) .....                                               | 52 |
| 5.8 Dispositif en essai (DUT) .....                                                     | 52 |
| 5.8.1 Généralités .....                                                                 | 52 |
| 5.8.2 Optiques d'entrée/sortie du dispositif .....                                      | 53 |
| 5.9 Détecteur (D) .....                                                                 | 53 |
| 5.9.1 Détecteurs à large bande, BBD1, BBD2, Méthode A.1 .....                           | 53 |
| 5.9.2 Détecteur ajustable à bande étroite (TND) – Méthode A.2 et Méthode B .....        | 53 |
| 5.10 Jonction temporaire (TJ) .....                                                     | 54 |
| 6 Procédure .....                                                                       | 54 |
| 6.1 Généralités .....                                                                   | 54 |
| 6.2 Préparation des DUT .....                                                           | 54 |
| 6.3 Initialisation du système .....                                                     | 55 |
| 6.4 Mesure de référence du système .....                                                | 55 |
| 6.4.1 Généralités .....                                                                 | 55 |
| 6.4.2 Mesure des spectres de référence pour la Méthode A .....                          | 55 |
| 6.4.3 Mesure des spectres de référence pour la Méthode B .....                          | 56 |
| 6.5 Mesure des spectres du dispositif .....                                             | 56 |
| 7 Caractérisation du dispositif en essai .....                                          | 56 |
| 7.1 Détermination des fonctions de transfert .....                                      | 56 |
| 7.1.1 Généralités .....                                                                 | 56 |
| 7.1.2 Prise en compte des variations de source .....                                    | 56 |
| 7.1.3 Calculs pour la méthode de la matrice de Mueller .....                            | 56 |
| 7.2 Mesures des spectres de transmission transmission ( $T(\lambda)$ ) .....            | 57 |
| 7.2.1 Généralités .....                                                                 | 57 |

|                        |                                                                       |    |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 7.2.2                  | Calcul de la puissance crête .....                                    | 58 |
| 7.2.3                  | Normalisation de la fonction de transfert .....                       | 59 |
| 7.3                    | Calcul de l'affaiblissement optique (A) .....                         | 59 |
| 7.4                    | Perte d'insertion (IL) .....                                          | 59 |
| 7.5                    | Largeur de bande et largeur spectrale totale .....                    | 60 |
| 7.5.1                  | Généralités .....                                                     | 60 |
| 7.5.2                  | Longueur d'onde centrale .....                                        | 61 |
| 7.5.3                  | Écart de la longueur d'onde centrale .....                            | 61 |
| 7.5.4                  | Largeur de bande à X dB .....                                         | 61 |
| 7.6                    | Ondulation dans la bande passante .....                               | 61 |
| 7.7                    | Isolation ( I ) et diaphonie (XT) .....                               | 62 |
| 7.7.1                  | Généralités .....                                                     | 62 |
| 7.7.2                  | Isolation du canal .....                                              | 63 |
| 7.7.3                  | Diaphonie du canal .....                                              | 63 |
| 7.7.4                  | Isolation du canal adjacent .....                                     | 64 |
| 7.7.5                  | Diaphonie du canal adjacent .....                                     | 64 |
| 7.7.6                  | Isolation minimale du canal adjacent .....                            | 64 |
| 7.7.7                  | Diaphonie maximale du canal adjacent .....                            | 64 |
| 7.7.8                  | Isolation du canal non adjacent .....                                 | 65 |
| 7.7.9                  | Diaphonie vis-à-vis du canal non adjacent .....                       | 65 |
| 7.7.10                 | Isolation minimale du canal non adjacent .....                        | 65 |
| 7.7.11                 | Diaphonie maximale du canal non adjacent .....                        | 65 |
| 7.7.12                 | Isolation de la totalité du canal .....                               | 65 |
| 7.7.13                 | Diaphonie cumulée vis-à-vis d'un canal .....                          | 66 |
| 7.7.14                 | Isolation totale minimale du canal .....                              | 66 |
| 7.7.15                 | Diaphonie totale maximale des canaux .....                            | 66 |
| 7.8                    | Perte dépendant de la polarisation ( $PDL(\lambda)$ ) .....           | 66 |
| 7.9                    | Longueur d'onde centrale dépendant de la polarisation (PDCW) .....    | 67 |
| 7.10                   | Non uniformité du canal .....                                         | 67 |
| 7.11                   | Affaiblissement hors bande .....                                      | 67 |
| 8                      | Détails à spécifier .....                                             | 68 |
| 8.1                    | Source de rayonnement lumineux (S) .....                              | 68 |
| 8.1.1                  | Source de rayonnement lumineux à bande étroite ajustable (TNLS) ..... | 68 |
| 8.1.2                  | Source à large bande (BBS) (non polarisée) .....                      | 68 |
| 8.2                    | Contrôleur de polarisation (PC) .....                                 | 68 |
| 8.3                    | Polariseur (PL) .....                                                 | 68 |
| 8.4                    | Filtre de suivi (TF) .....                                            | 68 |
| 8.5                    | Dispositif de couplage de référence (RBD) .....                       | 68 |
| 8.6                    | Jonction temporaire (TJ) .....                                        | 68 |
| 8.7                    | Appareil de mesure de longueur d'onde (WM) .....                      | 69 |
| 8.8                    | Détecteur (D) .....                                                   | 69 |
| 8.8.1                  | Détecteur à large bande (BBD) .....                                   | 69 |
| 8.8.2                  | Détecteur à bande étroite ajustable (TNBD) .....                      | 69 |
| 8.9                    | DUT .....                                                             | 69 |
| Annexe A (informative) | Mesures du spectre de réflexion .....                                 | 70 |
| A.1                    | Généralités .....                                                     | 70 |
| A.2                    | Appareillage .....                                                    | 70 |

|                                                                                                                                                                                                  |                                                                             |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| A.2.1                                                                                                                                                                                            | Généralités .....                                                           | 70 |
| A.2.2                                                                                                                                                                                            | Coupleur de référence .....                                                 | 70 |
| A.2.3                                                                                                                                                                                            | Terminaison optique .....                                                   | 71 |
| A.3                                                                                                                                                                                              | Procédure de mesure .....                                                   | 71 |
| A.3.1                                                                                                                                                                                            | Généralités .....                                                           | 71 |
| A.3.2                                                                                                                                                                                            | Détermination du spectre de référence de la source .....                    | 71 |
| A.3.3                                                                                                                                                                                            | Détermination de la constante du système .....                              | 71 |
| A.3.4                                                                                                                                                                                            | Détermination du spectre de réflectance de référence .....                  | 72 |
| A.3.5                                                                                                                                                                                            | Détermination du spectre de réflectance du dispositif .....                 | 72 |
| A.3.6                                                                                                                                                                                            | Détermination de l'affaiblissement optique .....                            | 72 |
| A.4                                                                                                                                                                                              | Mesures des spectres de réflexion $[R(\lambda)]$ .....                      | 73 |
| Annexe B (informative)                                                                                                                                                                           | Détermination du paramètre d'incrément en longueur d'onde .....             | 74 |
| Annexe C (informative)                                                                                                                                                                           | Détermination d'une valeur moyenne en utilisant la fonction<br>shorth ..... | 76 |
| Bibliographie .....                                                                                                                                                                              |                                                                             | 79 |
| Figure 1 – Montage de mesure de base .....                                                                                                                                                       |                                                                             | 49 |
| Figure 2 – Montage de mesure pour système avec source de rayonnement lumineux<br>ajustable à bande étroite (TNLS) .....                                                                          |                                                                             | 50 |
| Figure 3 – Montage de mesure pour système avec TNLS et détecteur ajustable à<br>bande étroite (TND) .....                                                                                        |                                                                             | 50 |
| Figure 4 – Montage de mesure pour système avec BBS et à détecteur ajustable à<br>bande étroite (TND) .....                                                                                       |                                                                             | 50 |
| Figure 5 – Référence du système pour la mesure de transmission .....                                                                                                                             |                                                                             | 55 |
| Figure 6 – Fonctions de transfert normalisées .....                                                                                                                                              |                                                                             | 58 |
| Figure 7 – Largeur de bande et largeur spectrale totale pour un réseau de Bragg sur<br>fibre .....                                                                                               |                                                                             | 60 |
| Figure 8 – Largeur de bande à X dB .....                                                                                                                                                         |                                                                             | 61 |
| Figure 9 – Ondulation dans la bande passante .....                                                                                                                                               |                                                                             | 62 |
| Figure 10 – Isolation et diaphonie du canal .....                                                                                                                                                |                                                                             | 63 |
| Figure 11 – Isolation minimale du canal adjacent .....                                                                                                                                           |                                                                             | 65 |
| Figure 12 – Dépendance à la polarisation de la fonction de transfert .....                                                                                                                       |                                                                             | 67 |
| Figure 13 – Longueur d'onde centrale dépendant de la polarisation (PDCW) .....                                                                                                                   |                                                                             | 67 |
| Figure A.1 – Montage de mesure pour un dispositif à port unique .....                                                                                                                            |                                                                             | 70 |
| Figure A.2 – Montage de référence de la source .....                                                                                                                                             |                                                                             | 71 |
| Figure A.3 – Montage de mesure de la constante du système .....                                                                                                                                  |                                                                             | 72 |
| Figure C.1 – Exemple de réponse et longueurs d'onde –x dB .....                                                                                                                                  |                                                                             | 76 |
| Figure C.2 – Exemple présentant les longueurs d'onde à –0,5 dB fondées sur la<br>valeur shorth (lignes verticales en pointillés) et sur la valeur moyenne (lignes<br>verticales continues) ..... |                                                                             | 78 |
| Tableau 1 – Méthode d'essai .....                                                                                                                                                                |                                                                             | 49 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS  
A FIBRES OPTIQUES – PROCÉDURES FONDAMENTALES D'ESSAIS  
ET DE MESURES –****Partie 3-29: Examens et mesures – Caractéristiques  
de transfert spectral des dispositifs DWDM**

## AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61300-3-29 a été établie par le sous-comité 86B: Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

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

- des termes et des définitions ont été ajoutés et réexaminés pour être harmonisés avec l'IEC 62074-1;
- les caractérisations du dispositif en essai ont été révisées;
- les détails devant être spécifiés ont été réexaminés.

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

| FDIS          | Rapport de vote |
|---------------|-----------------|
| 86B/3718/FDIS | 86B/3758/RVD    |

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

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

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

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

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

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

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

## Partie 3-29: Examens et mesures – Caractéristiques de transfert spectral des dispositifs DWDM

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61300 présente deux méthodes fondamentales de mesure pour caractériser les fonctions de transfert spectral de dispositifs DWDM.

Les fonctions de transfert sont les fonctions du facteur de transmission en fonction des longueurs d'onde. Dans la présente norme, les affaiblissements optiques sont également utilisés.

NOTE Dans la présente norme, les fonctions de transfert sont exprimées par  $T(\lambda)$  et les affaiblissements optiques sont exprimés par  $A(\lambda)$ .

Les fonctions de transfert peuvent être utilisées pour produire des mesures de perte d'insertion (IL), de perte dépendant de la polarisation (PDL), d'isolation, de longueur d'onde centrale, de largeur de bande (BW) et d'autres performances optiques.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-731, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

IEC 61300-3-2, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-2: Examens et mesures – Pertes dépendant de la polarisation dans un dispositif à fibres optiques unimodales*

IEC 61300-3-7, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-7: Examinations and measurements – Wavelength dependence of attenuation and return loss of single mode components* (disponible uniquement en anglais)

IEC 62074-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic WDM devices – Part 1: generic specification* (disponible en anglais seulement)

### 3 Termes, définitions, et abréviations et symboles

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions figurant dans l'IEC 60050-731, ainsi que les suivants, s'appliquent.

##### 3.1.1

##### **largeur de bande**

(largeur de raie)

BW

largeur spectrale d'un signal ou d'un filtre

Note 1 à l'article: Dans le cas d'un signal laser tel qu'une source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite, le terme "largeur de raie" est généralement préféré. Souvent définie par la largeur à une distance d'une puissance choisie à partir du niveau de puissance crête du dispositif (par exemple BW à 3 dB ou BW à 1 dB). La largeur de bande doit être définie comme la distance entre les croisements les plus proches de chaque côté de la longueur d'onde centrale dans les cas où la forme spectrale a plus de 2 points de ce type. La distance entre les croisements situés les plus à l'extérieur peut être considérée comme la largeur spectrale totale.

##### 3.1.2

##### **plage de fréquences du canal**

(bande passante)

CFR

plage spécifiée de longueurs d'onde (fréquences) de  $\lambda_{hmin}$  ( $f_{hmin}$ ) à  $\lambda_{hmax}$  ( $f_{hmax}$ ), centrée autour de la longueur d'onde (fréquence) de fonctionnement nominal, dans laquelle un dispositif WDM fonctionne pour émettre à un niveau inférieur ou égal à l'affaiblissement optique spécifié

Note 1 à l'article: On utilise souvent l'expression "bande passante" qui a la même signification.

##### 3.1.3

##### **WDM à forte densité**

DWDM

dispositif WDM destiné à fonctionner avec un espacement entre les canaux inférieur ou égal à 1 000 GHz

##### 3.1.4

##### **pertes dépendant de la polarisation**

PDL

variation maximale des pertes d'insertion dues à une variation de l'état de polarisation (SOP) par rapport à tous les états de polarisation

##### 3.1.5

##### **état de polarisation**

SOP

distribution de l'énergie du rayonnement lumineux parmi les deux solutions linéairement indépendantes des équations d'ondes pour le champ électrique

##### 3.1.6

##### **émission spontanée de source**

SSE

émissions à large bande provenant d'une cavité laser qui n'ont pas de relation de phase avec le champ de la cavité

Note 1 à l'article: Ces émissions peuvent être considérées comme le bruit de ligne de base sur un analyseur de spectre optique (OSA).



**3.1.7****multiplexeur par répartition en longueurs d'onde**

WDM

terme fréquemment utilisé comme synonyme pour un dispositif de couplage sélectif en longueur d'onde

**3.2 Symboles et abréviations****3.2.1 Symboles**

$\delta$  incrément d'échantillonnage en longueur d'onde au cours des mesures

$\lambda_h$  longueur d'onde centrale du canal ou de fonctionnement nominal pour un composant

**3.2.2 Abréviations**

| Abréviation | Français                                                        | Anglais                                  |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| APC         | contact physique avec angle                                     | Angled physical contact                  |
| ESA         | émission spontanée amplifiée                                    | amplified spontaneous emission (ASE)     |
| BBD         | détecteur à large bande                                         | broadband detector                       |
| BBS         | source de rayonnement lumineux à large bande                    | broadband light source                   |
| BW          | largeur de bande                                                | bandwidth                                |
| CFR         | plage du fréquences du canal                                    | channel frequency range                  |
| DOP         | degré de polarisation                                           | degree of polarization                   |
| DUT         | dispositif en essai                                             | device under test                        |
| DWDM        | multiplexeur par répartition en longueur d'onde à forte densité | dense wavelengths division multiplexer   |
| FBG         | le réseau de Bragg sur fibre                                    | Fibre Bragg grating                      |
| IL          | perte d'insertion                                               | insertion loss                           |
| OPM         | appareil de mesure de la puissance optique                      | optical power meter                      |
| OSA         | analyseur de spectre optique                                    | optical spectrum analyser                |
| PC          | contrôleur de polarisation                                      | polarization controller                  |
| PC          | contact physique                                                | physical contact                         |
| PDCW        | longueur d'onde centrale dépendant de la polarisation           | polarization dependent centre wavelength |
| PDL         | pertes dépendant de la polarisation                             | polarization dependent loss              |
| PL          | polariseur                                                      | polarizer                                |
| PSCS        | système de changement d'état de polarisation                    | polarization state change system         |
| RBD         | dispositif de couplage de référence                             | reference branching device               |
| S           | source de rayonnement lumineux                                  | light source                             |
| SD          | écart type                                                      | standard deviation                       |
| SOP         | état de polarisation                                            | state of polarization                    |
| SSE         | émission de source spontanée                                    | source spontaneous emission              |
| TF          | filtre de suivi                                                 | tracking filter                          |
| TJ          | jonction temporaire                                             | temporary joint                          |
| TLS         | source laser ajustable                                          | tuneable laser source                    |
| TND         | détecteur ajustable à bande étroite                             | tuneable narrowband detector             |
| TNLS        | source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite        | tuneable narrowband light source         |
| WDL         | perte dépendant de la longueur d'onde                           | wavelength dependent loss                |

| Abréviation | Français                                        | Anglais                         |
|-------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| WDM         | multiplexeur par répartition en longueur d'onde | wavelength division multiplexer |
| WM          | appareil de mesure de longueur d'onde           | wavelength meter                |

#### 4 Description générale

La présente norme constitue un complément concernant la dépendance par rapport à la longueur d'onde de l'affaiblissement et de l'affaiblissement de réflexion (IEC 61300-3-7), et de la dépendance par rapport à la polarisation de l'affaiblissement (IEC 61300-3-2) pour les dispositifs DWDM dont l'espacement entre les canaux est inférieur ou égal à 1 000 GHz (8 nm dans la bande de longueur d'onde de 1 550 nm).

Les fonctions de transfert peuvent être utilisées pour mesurer les paramètres de performances suivants:

- perte d'insertion (IL);
- longueur d'onde centrale et écart de longueur d'onde centrale;
- largeur de bande à X dB;
- ondulation dans la bande passante;
- isolation;
- diaphonie;
- pertes dépendant de la polarisation (PDL) et longueur d'onde centrale dépendant de la polarisation (PDCW);
- non uniformité du canal;
- affaiblissement hors bande.

En général, les dispositifs DWDM ont des largeurs de bande de canal inférieures à 1 nm, des pentes de réponse de filtre supérieures à 100 dB/nm, et une réjection hors-bande s'étendant sur des dizaines de nanomètres.

Les méthodes décrites dans cette norme montreront comment obtenir la fonction de transfert d'un seul port d'entrée à un seul port de sortie (trajet de conduction unique). Pour un dispositif  $M \times N$ , il sera nécessaire de répéter cette procédure en utilisant toutes les combinaisons possibles des ports d'entrée et de sortie.

Ces deux méthodes sont destinées à être applicables à toute bande de longueur d'onde (C, L, S, O, etc.), même si des exemples peuvent être montrés dans la bande C à des fins d'illustration.

Les deux méthodes qui sont présentées dans la présente norme diffèrent principalement dans la façon par laquelle la résolution en longueur d'onde est obtenue. La Méthode A utilise une source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite, alors que la Méthode B utilise une source de rayonnement lumineux à large bande. La Méthode A possède deux méthodes de couplage, la Méthode A.1 et la Méthode A.2. Ces trois méthodes de mesure sont résumées dans le Tableau 1. La Méthode A.2 doit être considérée comme la méthode d'essai de référence pour les dispositifs DWDM.

**Tableau 1 – Méthode d'essai**

| Méthode: | Noms                        | Provenance            | Détecteur | Exemples         | Remarques |
|----------|-----------------------------|-----------------------|-----------|------------------|-----------|
| A.1      | TNLS en mode balayage + BBD | TNLS en mode balayage | BBD       | TNLS + DUT + OPM | Variante  |
| A.2      | TNLS en mode balayage + TND | TNLS en mode balayage | TND       | TNLS + DUT + OSA | Référence |
| B        | BBS + TND                   | BBS                   | TND       | BBS + DUT + OSA  | Variante  |

La présente norme comprend également des annexes illustrant les éléments suivants:

Annexe A: Mesures du spectre de réflexion;

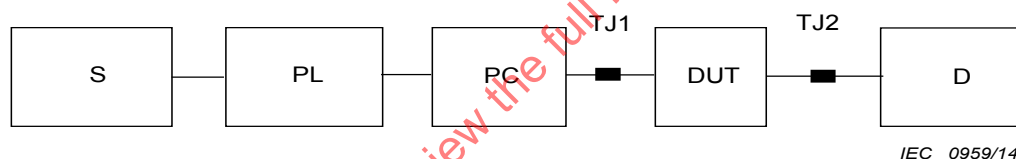
Annexe B: Détermination du paramètre d'incrément en longueur d'onde;

Annexe C: Détermination d'une valeur moyenne, en utilisant la fonction shorth.

## 5 Appareillage

### 5.1 Montage de mesure

Le montage de mesure de base pour la caractérisation de dispositifs DWDM est présenté à la Figure 1 ci-dessous.

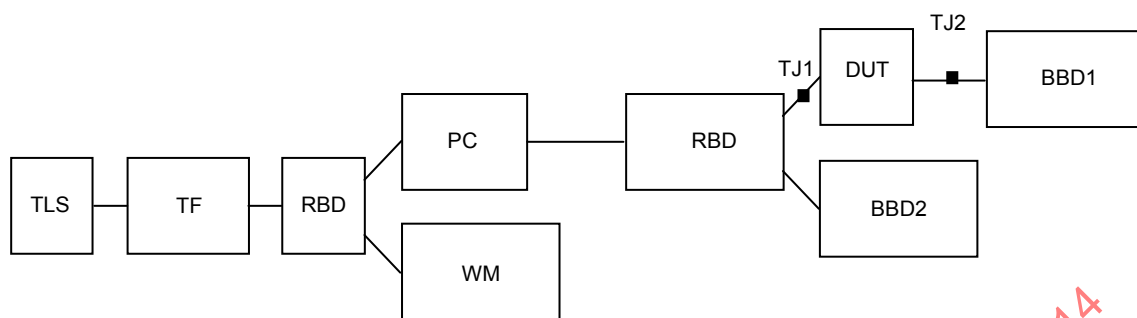
**Figure 1 – Montage de mesure de base**

La présente procédure contient trois méthodes qui diffèrent fondamentalement dans la façon par laquelle la résolution en longueur d'onde est obtenue. Il y a trois influences clés sur la résolution en longueur d'onde: la largeur de raie de la source ou la largeur de bande du détecteur ajustable à bande étroite, la largeur de bande analogique du système de détection, et le taux de variation en longueur d'onde.

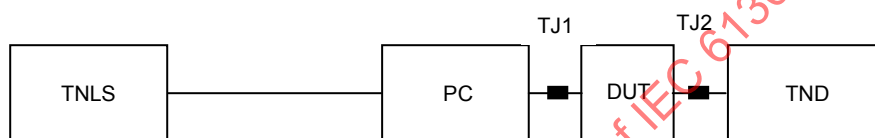
Après détermination de la résolution en longueur d'onde de la mesure, il convient que l'incrément d'échantillonnage en longueur d'onde ( $\delta$ ) soit inférieur à la moitié de la largeur de bande du système, afin de permettre une mesure précise de la valeur moyenne de l'affaiblissement optique.

La largeur de bande du système est déterminée par la convolution de la largeur de bande effective de la source avec le taux de variation en longueur d'onde sur la constante de temps du détecteur. Des contraintes pratiques peuvent entraîner des largeurs de bande plus petites ou plus grandes que recommandé. Deux précautions sont à prendre avec des largeurs de bande plus petites: premièrement, les effets de perturbation cohérents peuvent entraîner des erreurs de mesure supplémentaires, et, deuxièmement, le sous-échantillonnage du dispositif pourrait entraîner des déformations de la fonction de transfert reconstruite. Si des largeurs de bande plus grandes sont utilisées, la fonction de transfert reconstruite pourrait présenter une détérioration des structures les plus petites et déformer les pentes de réponse. Comme les pentes de réponse peuvent dépasser 100 dB/nm, de petites incertitudes de longueur d'onde peuvent entraîner des erreurs de réponse d'amplitude élevée. En général, il est nécessaire que la largeur de bande de résolution du système soit choisie en se basant sur les caractéristiques du dispositif et qu'elle soit indiquée dans les détails à spécifier.

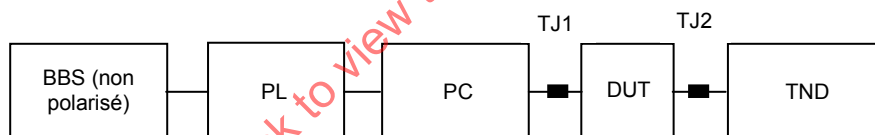
Comme l'indique le Tableau 1, il existe trois méthodes de mesure. Les Figures 2, 3 et 4 représentent des montages typiques pour les méthodes A.1, A.2 et B.



**Figure 2 – Montage de mesure pour système avec source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite (TNLS)**



**Figure 3 – Montage de mesure pour système avec TNLS et détecteur ajustable à bande étroite (TND)**



**Figure 4 – Montage de mesure pour système avec BBS et à détecteur ajustable à bande étroite (TND)**

## 5.2 Source de rayonnement lumineux, S

### 5.2.1 Source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite (TNLS) – Méthode A

Cette méthode utilise une source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite (TNLS) polarisée qui peut sélectionner une longueur d'onde de sortie spécifique et peut être réglée à travers une plage spécifiée de longueurs d'onde. La "source" pourrait également inclure un filtre de suivi, un dispositif de couplage de référence (RBD), et un dispositif de contrôle de la longueur d'onde, comme l'illustre la Figure 2. Ces suppléments sont facultatifs, dans la mesure où ils se rapportent aux exigences de mesure et aux spécifications de la TLS.

La stabilité de puissance à toutes les longueurs d'onde de fonctionnement doit être inférieure à  $\pm 0,01$  dB sur la période de mesure. Cette stabilité peut être obtenue en utilisant le détecteur facultatif BBD2 de la Figure 2 comme détecteur de référence. Si BBD2 est synchronisé avec BBD1, les variations de puissance peuvent être annulées. Il convient de noter que la réponse dynamique des deux wattmètres ait la même largeur de bande électrique. La puissance de sortie de la TLS doit être suffisante pour assurer à l'appareillage une plage avec une dynamique d'un ordre d'amplitude plus ample que celle du dispositif (c'est-à-dire qu'il

convient que l'appareillage de mesure puisse mesurer un creux de 50 dB, si le dispositif est un filtre coupe-bande à bande étroite de 40 dB).

L'incertitude en longueur d'onde de la TLS doit être approximativement d'un ordre d'amplitude inférieur à la taille du pas pour chaque point dans la plage de mesures. Cette incertitude peut être obtenue en ayant une réaction du dispositif de contrôle de la longueur d'onde sur la source laser ajustable. La plage de réglage de la source laser ajustable doit couvrir l'ensemble de la région spectrale du dispositif DWDM et en outre la source ne doit comporter aucun saut de mode sur cette plage de réglage.

Il convient que le taux de suppression des modes latéraux et les émissions de source spontanées (SSE) de la TLS soient suffisants pour fournir un rapport signal sur bruit d'un ordre d'amplitude plus élevé que celui exigé pour les mesures, ou l'utilisation d'un filtre de suivi doit être exigée pour les mesures du filtre coupe-bande à bande étroite. Les émissions de source spontanées peuvent être mesurées sur un analyseur de spectre optique en utilisant une largeur de bande de résolution 0,1 nm. Il convient que les points mesurés soient pris à mi-distance entre les canaux DWDM possibles (c'est-à-dire à 50 GHz à partir de la fréquence centrale pour un dispositif DWDM de 100 GHz). Par exemple, si le système nécessite de mesurer 50 dB d'affaiblissement, il convient que les émissions de source spontanées (SSE) soient égales à -60 dB.

### 5.2.2 Source à large bande (BBS) – Méthode B

Cette méthode utilise une source de rayonnement lumineux à large bande non polarisée telle qu'une LED ou une source d'émissions spontanées amplifiées (ESA). Le spectre de source doit fournir une puissance optique suffisante sur toute la plage de longueurs d'onde du DUT. Ce facteur est particulièrement important dans la mesure de filtres coupe-bande à bande étroite, où la résolution dynamique du système doit être élevée (généralement >50 dB) pour les mesures précises.

La puissance optique de la source de rayonnement lumineux doit soit être stable pendant la durée de l'essai, soit être normalisée selon la longueur d'onde au moyen d'un trajet de référence (constitué éventuellement d'un dispositif de couplage de référence (RBD), et d'un détecteur ajustable synchronisé (TND)).

### 5.3 Filtre de suivi (TF)

Le filtre de suivi est exigé si la plage dynamique de la source laser ajustable et le détecteur ne permettent pas de mesurer une profondeur d'au moins 10 dB plus élevée que celle nécessaire, en raison de la forme du DUT et des émissions de source spontanées à large bande de la source laser ajustable. Le filtre doit suivre la source laser ajustable de façon à fournir la suppression maximale des émissions de source spontanées et la puissance transmise maximale lorsque la source laser ajustable est balayée dans la région de mesure. Il convient de noter que la forme spectrale du filtre affectera la largeur de raie effective du système.

### 5.4 Dispositif de couplage de référence (RBD)

La configuration du RBD est  $1 \times 2$  ou  $2 \times 2$ . Si sa configuration est de  $2 \times 2$ , un port du RBD doit être adapté pour avoir une rétro réflexion inférieure à -50 dB. Le rapport de division du dispositif de couplage de référence doit avoir une longueur d'onde stable. Il doit également être insensible à la polarisation. La sensibilité à la polarisation de l'affaiblissement de transmission doit être inférieure à un dixième de la dépendance à la longueur d'onde de l'affaiblissement à mesurer. La dispersion en mode polarisation du RBD doit être inférieure à la moitié du temps de cohérence de la source, afin de ne pas dépolariser le signal d'entrée. Le rapport de division doit être suffisant pour fournir la plage dynamique pour la mesure de la fonction de transfert et la puissance nécessaire pour que l'appareil de mesure de longueur d'onde fonctionne correctement.

## 5.5 Appareil de mesure de longueur d'onde (WM)

Dans cette procédure d'essai, l'incertitude en longueur d'onde de la source doit être extrêmement réduite et contrôlée de près. Si l'incertitude de réglage de la source laser ajustable n'est pas suffisante pour effectuer des mesures, le dispositif de contrôle de la longueur d'onde doit être exigé. Pour cette méthode de mesure, il est nécessaire de mesurer la crête spectrale de tout signal d'entrée dans la largeur de bande du dispositif à une incertitude approximativement d'un ordre d'amplitude plus élevé que la taille du pas. Ainsi, les dispositifs de contrôle de la longueur d'onde acceptables incluent un appareil de mesure de longueur d'onde optique ou une cellule d'absorption de gaz (telle qu'une cellule d'acétylène). Si une cellule d'absorption de gaz est utilisée, l'incertitude en longueur d'onde de la source laser ajustable doit être suffisante pour résoudre les lignes d'absorption.

En ce qui concerne la répétabilité en longueur d'onde de la source laser ajustable et du dispositif de contrôle, il convient de comprendre que si l'appareillage en essai a des ondulations de 0,1 dB avec une période de 30 pm, une variation aléatoire en longueur d'onde de 3 pm du balayage de référence au balayage du dispositif peut alors entraîner jusqu'à 0,03 dB d'erreur d'affaiblissement.

## 5.6 Polariseur (PL)

Pour la méthode BBS (Méthode B), le polariseur doit être placé après la BBS. Le taux d'extinction de polarisation doit être supérieur ou égal à 20 dB.

## 5.7 Contrôleur de polarisation (PC)

Le contrôleur de polarisation est utilisé afin de contrôler l'état de la polarisation (SOP) d'entrée. Les détails sur le contrôleur de polarisation sont définis par le système de changement d'état de polarisation (PSCS), dans l'IEC 61300-3-2. La présente norme définit deux types de PSCS, pour toutes les méthodes relatives à la polarisation, et la méthode de la matrice de Mueller. En cas de mesures dépendant de la polarisation, le contrôleur sera utilisé afin de générer quatre états de polarisation reconnus pour les essais. Les états doivent être distincts et bien reconnus afin d'obtenir des mesures précises des pertes dépendant de la polarisation. L'affaiblissement de réflexion sur l'entrée vers le contrôleur doit être supérieur à 50 dB, afin de ne renvoyer aucun rayonnement lumineux polarisé vers la cavité de la source laser ajustable pour la Méthode A. Ceci peut également être obtenu en utilisant un isolateur afin de protéger la source laser ajustable (TLS).

## 5.8 Dispositif en essai (DUT)

### 5.8.1 Généralités

Le dispositif en essai doit être un dispositif DWDM. Dans le cadre de la présente norme, les ports en essai doivent être à un seul trajet d'entrée-sortie. La méthode décrite ici peut être extrapolée afin d'obtenir un système de mesure unique capable de manipuler même un dispositif DWDM  $M \times N$ . Il est noté que ces mesures dépendent fortement des réflexions et que des précautions doivent être prises afin d'assurer que les cavités de réflexion ne sont pas introduites dans le montage d'essai.

Dans de nombreux cas, les caractéristiques des dispositifs DWDM dépendent de la température. Cette procédure de mesure suppose que tous les dispositifs de ce type soient maintenus à température constante pendant toute la procédure. L'incertitude absolue de la mesure peut être limitée par l'incertitude d'un quelconque dispositif de chauffage ou de refroidissement utilisé afin de maintenir une température constante. Par exemple, si un dispositif est connu pour avoir une dépendance à la température de 0,01 nm/°C, et si la température au cours de la procédure est maintenue à une température réglée à  $\pm 1$  °C; il est établi que tous les résultats spectraux obtenus ont une incertitude de 0,02 nm due à la température.

### 5.8.2 Optiques d'entrée/sortie du dispositif

Si des connecteurs à fibres ou des couplages en butée de fibres sont utilisés, utiliser des connecteurs à contact physique ou un fluide d'adaptation d'indice afin d'éviter les effets de perturbation.

## 5.9 Détecteur (D)

### 5.9.1 Détecteurs à large bande, BBD1, BBD2, Méthode A.1

Les détecteurs utilisés pour cette méthode comprennent un détecteur optique à large bande, les éléments électroniques associés et un moyen de connexion à une fibre optique. La connexion optique peut être un réceptacle pour connecteur optique, une fibre amorce ou un adaptateur de fibre nue. Il convient que la rétro-réflexion provenant des détecteurs BBD1 et BBD2 soit minimisée en prenant toutes les précautions mises à disposition. Les options préférentielles consisteraient à utiliser soit un connecteur à contact physique avec angle, (APC), soit un connecteur à contact physique (PC), conjointement à un isolateur optique. Il convient de noter que l'utilisation d'un connecteur APC contribuera approximativement à hauteur de 0,03 dB à l'incertitude des mesures relatives aux pertes dépendant de la polarisation. Les WDL et PDL pour un isolateur optique doivent être inférieurs à 0,05 dB.

Il convient que la plage dynamique et la sensibilité des détecteurs soient suffisantes pour mesurer le plancher de bruit exigé par le système d'essai et le DUT. En général, il est nécessaire d'avoir une plage dynamique d'approximativement 10 dB de plus que l'isolation mesurable du dispositif, avec une sensibilité d'au moins 5 dB en dessous de l'affaiblissement d'un filtre coupe-bande attendu au niveau de puissance du système d'essai. Par exemple, si l'isolation maximale du dispositif est de 40 dB, la perte maximale du dispositif est de 5 dB, et la puissance optique du système d'essai est de -5 dBm, les détecteurs auront alors besoin d'avoir une sensibilité d'au moins -55 dBm, et une plage dynamique d'au moins 50 dB (c'est-à-dire qu'il ne convient pas qu'ils saturent à -5 dBm).

Il convient que les détecteurs aient une résolution de 0,001 dB et une linéarité supérieure à 0,02 dB sur la plage de longueurs d'onde de la bande passante. Il convient que la stabilité des détecteurs de puissance dépasse également 0,01 dB dans la bande passante au cours de la période de mesure. Pour les mesures dépendant de la polarisation, il convient que la dépendance à la polarisation du détecteur soit inférieure à 0,01 dB.

Si, pendant la séquence des mesures, un détecteur doit être déconnecté puis reconnecté, l'efficacité du couplage doit être maintenue pour les deux mesures. L'utilisation d'un détecteur à grande surface pour capturer tout le rayonnement lumineux émanant de la fibre est recommandée, mais il convient de veiller à ce que la stabilité des paramètres du détecteur ne soit pas affectée par les variations d'uniformité de détection dans la zone active du détecteur. Il est également recommandé que la face du détecteur soit placée à un angle autre qu'orthogonal par rapport à la source de rayonnement lumineux entrant, afin de réduire les rétro-réflexions tout en s'assurant que les effets de polarisation sont minimisés.

La largeur de bande électrique est un autre paramètre important pour les détecteurs. Comme il est souhaité d'effectuer cette mesure aussi rapidement que possible, le temps de réponse des détecteurs devient un facteur de limitation dans la proportion de temps passé à chaque étape (ou dans l'incertitude de lecture pour un système de balayage).

### 5.9.2 Détecteur ajustable à bande étroite (TND) – Méthode A.2 et Méthode B

Cette méthode mesure la sortie optique du DUT avec un détecteur ajustable à bande étroite, tel qu'un analyseur de spectre optique. L'analyseur peut être un monochromateur ou un filtre passe-bande ajustable suivi d'un détecteur à photodiode. La longueur d'onde absolue de l'analyseur de spectre optique, du monochromateur, ou du filtre ajustable, doit être étalonnée précisément avant d'effectuer les mesures.



Comme il a été indiqué en 5.3, il est également possible d'utiliser un filtre de suivi immédiatement après la source à large bande (plutôt qu'avant le détecteur) pour ce système, en tenant compte des restrictions concernant la largeur de raie effective de la source.

Le détecteur doit avoir les mêmes exigences de stabilité, de plage dynamique, de sensibilité, de résolution et de linéarité que celles décrites en 5.2.1 pour la méthode à laser ajustable. Cette méthode présente une différence, à savoir que la densité de puissance de la source à large bande sur la largeur de bande optique du détecteur tend à avoir des puissances plus faibles qu'un système à laser équivalent, et il est ainsi nécessaire que la sensibilité soit largement supérieure pour effectuer la même mesure.

Dans le cas de la méthode A.2, la bande passante du détecteur ajustable à bande étroite doit être plus large que celle de la source de rayonnement lumineux ajustable à bande étroite.

### **5.10 Jonction temporaire (TJ)**

Les liaisons temporaires sont spécifiées pour connecter tous les composants du système, y compris l'échantillon d'essai. Les liaisons temporaires peuvent être, par exemple, un connecteur, une lame, un plateau à vide ou un micromanipulateur. L'affaiblissement de la liaison temporaire doit être stable et il convient qu'elle ait un affaiblissement de réflexion au moins 10 dB supérieur à l'affaiblissement de réflexion maximal à mesurer. Dans le cas où les connecteurs sont utilisés, il est préférable d'utiliser ceux qui sont angulaires.

## **6 Procédure**

### **6.1 Généralités**

Les paragraphes suivants résumeront la procédure de mesure par laquelle les données peuvent être rassemblées et analysées sur un dispositif DWDM. Dans la mesure où ces dispositifs tendent à dépendre de la polarisation, toutes les mesures doivent être effectuées en utilisant soit la "méthode de tous les états", soit la "méthode de la matrice de Mueller" figurant dans l'IEC 61300-3-2. Ces méthodes seront reprises dans la présente norme. En raison du nombre de points de données normalement nécessaires pour caractériser ces dispositifs, il est plus pratique d'utiliser la méthode de la matrice de Mueller pour cette procédure. Cependant, dans l'éventualité d'une controverse, la méthode de tous les états (avec une couverture suffisante) doit être la référence. Cette procédure s'applique aux deux systèmes de mesure, les différences étant mises en évidence dans le texte.

Si les informations sur la polarisation ne sont pas nécessaires pour la mesure (éventuellement pour un essai de contrôle à l'entrée), il est acceptable d'utiliser la Méthode B sans le contrôleur de polarisation. Dans ce cas, la fonction ou référence de transfert non polarisée mesurée est équivalente à la fonction ou référence de transfert "moyenne" mentionnée dans le texte.

Dans un intérêt d'exhaustivité, il est important de noter que des composants à fibres tels que le réseau de Bragg sur fibre (FBG) sont utilisés dans les dispositifs DWDM. La différence principale de ces dispositifs est qu'ils peuvent fonctionner comme un seul port, par opposition aux dispositifs à ports multiples décrits dans la norme. L'Annexe A montre comment cette technique de mesure peut s'étendre pour s'appliquer aux composants à port unique.

### **6.2 Préparation des DUT**

Tous les éléments optiques d'entrée et de sortie doivent être nettoyés et contrôlés conformément aux pratiques normalisées dans le secteur industriel ou aux recommandations du fabricant du dispositif.



### 6.3 Initialisation du système

Le système d'essai sera monté de sorte qu'il balaie la région de longueurs d'onde étudiée ( $\lambda_{\min} - \lambda_{\max}$ ) ou l'échelle en incréments de  $\delta$ , comme déterminé par les spécifications de la mesure. Pour des besoins de référence, l'Annexe B montre la façon dont la taille du pas appropriée peut être déterminée, en utilisant l'incertitude en longueur d'onde désirée, la pente de la courbe de réponse au croisement de la longueur d'onde centrale, et l'erreur de puissance maximale possible dans la mesure de la bande passante.

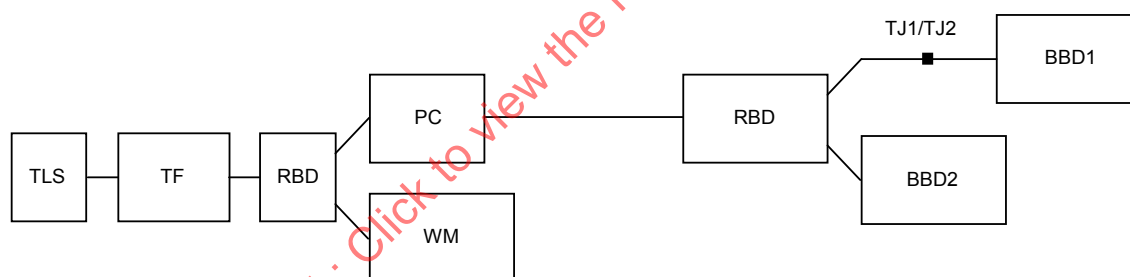
### 6.4 Mesure de référence du système

#### 6.4.1 Généralités

Dans la détermination de la fonction de transfert, il sera nécessaire de mesurer les spectres de référence du système d'essai lui-même. En cas d'essai d'un dispositif à ports multiples, il ne sera pas nécessaire de répéter l'étape de référence avant chaque mesure.

#### 6.4.2 Mesure des spectres de référence pour la Méthode A

La Figure 5 représente le montage de mesure des spectres de référence pour la Méthode A.1. TLS et TF sont remplacés par TNLS pour la Méthode A.2. La TLS doit ensuite être balayée sur l'échelle de longueur d'onde, prenant les mesures des longueurs d'onde à partir du dispositif de contrôle de la longueur d'onde, les mesures de transmission à partir de BBD1, et les mesures du dispositif de contrôle de la source à partir de BBD2. Il convient de noter qu'on suppose que toutes les puissances sont mesurées sur une échelle linéaire. La manière dont les états de polarisation sont contrôlés au cours du balayage variera, en fonction de la méthode utilisée.



IEC 0963/14

**Figure 5 – Référence du système pour la mesure de transmission**

Dans les cas où la méthode de tous les états est utilisée, la polarisation doit varier sur tous les états dans chaque étape du balayage en longueur d'onde. Pour chaque longueur d'onde, il sera nécessaire de mesurer les valeurs maximale, minimale et moyenne de la puissance transmise ainsi que la valeur moyenne de la puissance mesurée. Cela entraînera des matrices pour  $t_{L\max}(\lambda)$ ,  $t_{L\min}(\lambda)$ ,  $t_{L\text{ave}}(\lambda)$ , et  $m_{\text{ave}}(\lambda)$ . Il convient de prendre soin de passer un temps suffisant sur chaque polarisation pour obtenir une lecture de puissance précise.

Dans les cas où la méthode de la matrice de Mueller est utilisée, il est plus pratique de réaliser un balayage à chacun des quatre états de polarisation connus. Il est courant d'utiliser: A) polarisation horizontale linéaire, B) polarisation verticale linéaire, C) polarisation diagonale linéaire et D) polarisation circulaire droite. Cela entraînera des matrices pour  $t_{LA}(\lambda)$ ,  $t_{LB}(\lambda)$ ,  $t_{LC}(\lambda)$ ,  $t_{LD}(\lambda)$ ,  $m_A(\lambda)$ ,  $m_B(\lambda)$ ,  $m_C(\lambda)$  et  $m_D(\lambda)$ . Cela peut également être réalisé au cours d'un seul balayage, en faisant varier le SOP à chaque incrément de longueur d'onde, mais cela est moins efficace en termes de temps de réalisation de la mesure.

### 6.4.3 Mesure des spectres de référence pour la Méthode B

Comme dans le cas indiqué ci-dessus, le DUT est retiré du montage d'essai (Figure 3). La sortie du contrôleur de polarisation est ici connectée au détecteur ajustable à bande étroite et le détecteur est balayé à travers toute la plage de longueurs d'onde de mesure. Les lectures du détecteur doivent alimenter les matrices équivalentes comme en 6.4.2. Si la mesure est effectuée en utilisant un rayonnement lumineux non polarisé, seul l'ensemble  $t_{Lave}(\lambda)$  est obtenu.

### 6.5 Mesure des spectres du dispositif

Avec le dispositif réinséré dans le montage d'essai, la procédure de mesure résumée en 6.4.2 (ou 6.4.3) doit être répétée. De cette manière, les divers spectres de transmission et de contrôle de la source [ $T_L(\lambda)$  et  $M(\lambda)$ ] peuvent être mesurés et stockés.

## 7 Caractérisation du dispositif en essai

### 7.1 Détermination des fonctions de transfert

#### 7.1.1 Généralités

Après avoir réalisé les procédures de mesure résumées à l'Article 6, les fonctions de transfert, minimales, maximales et moyennes peuvent être déterminées à partir des données collectées.

#### 7.1.2 Prise en compte des variations de source

Si le port de contrôle de la source n'est pas utilisé dans le montage, ce paragraphe peut être omis. S'il est utilisé, il convient de recalculer les divers spectres de transmission pour la méthode de la matrice de Mueller de la façon suivante:

$$T_L'(\lambda) = T_L(\lambda)/M(\lambda) \text{ or } t_L'(\lambda) = t_L(\lambda)/m(\lambda) \quad (1)$$

Pour la méthode de tous les états, il n'est nécessaire de refaire ce calcul que pour les ensembles de puissance moyens, puisqu'il n'y a pas de moyen pour corréler les états de polarisation maximal et minimal entre les trajets de référence et de contrôle sans stocker les résultats à partir de chaque état individuel.

Il convient de noter que, dans la suite du document,  $T'$  peut se substituer à  $T$  ou à  $t'$  dans les équations. Le facteur prime est exclu dans un souci de commodité.

#### 7.1.3 Calculs pour la méthode de la matrice de Mueller

Si la méthode de la matrice de Mueller est utilisée, il est à présent nécessaire de traduire les mesures à partir des états connus dans leurs valeurs maximale, minimale et moyenne approximatives. Cela est réalisé en établissant la matrice de Mueller:

$$m_{11}(\lambda) = | \frac{1}{2} * [ T_{LA}(\lambda)/t_{LA}(\lambda) + T_{LB}(\lambda)/t_{LB}(\lambda) ] | \quad (2)$$

$$m_{12}(\lambda) = | \frac{1}{2} * [ T_{LA}(\lambda)/t_{LA}(\lambda) - T_{LB}(\lambda)/t_{LB}(\lambda) ] | \quad (3)$$

$$m_{13}(\lambda) = | T_{LC}(\lambda)/t_{LC}(\lambda) - m_{11} | \quad (4)$$

$$m_{14}(\lambda) = | T_{LD}(\lambda)/t_{LD}(\lambda) - m_{11} | \quad (5)$$

où les mesures avec l'indice A ont été réalisées avec une polarisation horizontale linéaire, B avec une polarisation verticale linéaire, C avec une polarisation diagonale linéaire, et D avec une polarisation circulaire droite dans les cas typiques.

Les transmissions maximale, minimale et moyenne peuvent alors être données de la façon suivante:

$$T_{L\max}(\lambda) = m_{11}(\lambda) + [m_{12}(\lambda)^2 + m_{13}(\lambda)^2 + m_{14}(\lambda)^2]^{1/2} \quad (6)$$

$$T_{L\min}(\lambda) = m_{11}(\lambda) - [m_{12}(\lambda)^2 + m_{13}(\lambda)^2 + m_{14}(\lambda)^2]^{1/2} \quad (7)$$

$$T_{L\text{ave}}(\lambda) = [T_{L\max}(\lambda) + T_{L\min}(\lambda)]/2 \quad (8)$$

## 7.2 Mesures des spectres de transmission ( $T(\lambda)$ )

### 7.2.1 Généralités

Comme noté précédemment, les spectres de transmission autour d'une bande passante (plage de fréquences de canal) pour des dispositifs DWDM ont les mêmes caractéristiques que celles de filtres optiques qui ont un port d'entrée et un port de sortie. Dans cet article, la méthode de mesure est expliquée pour des filtres passe-bande et des filtres coupe-bande à bande étroite, au lieu des dispositifs DWDM. Une fonction de transfert typique pour un filtre passe-bande est représentée à la Figure 6a, tandis que la Figure 6b représente un graphique pour un filtre coupe-bande à bande étroite.

Comme l'illustre la Figure 6, les fonctions de transfert sont généralement tracées sur une échelle logarithmique, et il est ainsi utile de convertir les ensembles de mesures de Watts en décibels.

Pour la méthode de tous les états (ou cas non polarisé), la fonction de transfert est calculée de la façon suivante:

$$T_{xxx}(\lambda) = 10 \log [t_{Lxxx}(\lambda)/T_{Lxxx}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (9)$$

où les puissances sont mesurées en Watts.

Si la méthode de la matrice de Mueller est utilisée, la fonction de transfert est simplement:

$$T_{xxx}(\lambda) = -10 \log [T_{Lxxx}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (10)$$

où 'xxx' implique que l'équation est valable pour les ensembles moyen, minimal, et maximal.

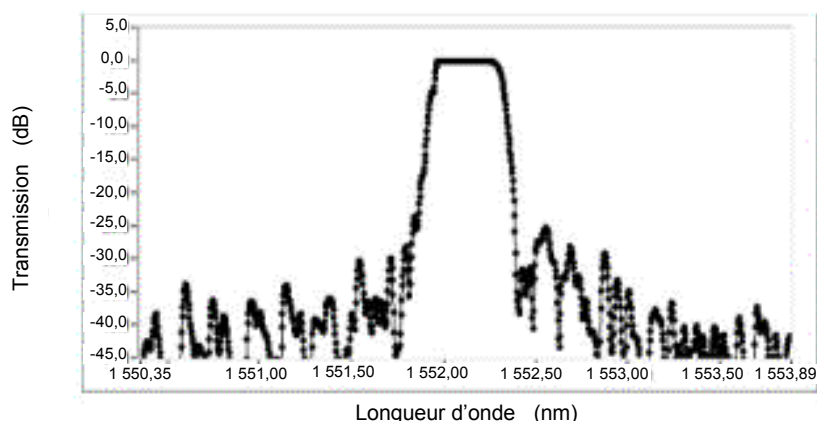


Figure 6a – Filtre passe-bande

IEC 0964/14

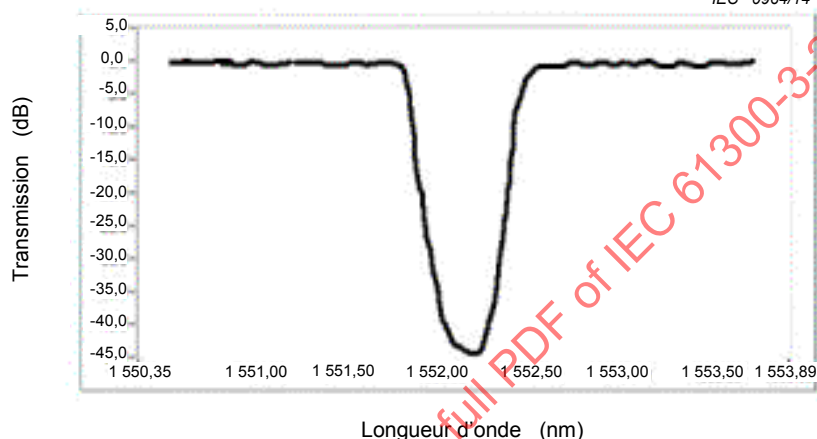


Figure 6b – Filtre coupe-bande

IEC 0965/14

Figure 6 – Fonctions de transfert normalisées

### 7.2.2 Calcul de la puissance crête

Presque toutes les techniques spectrales décrites dans ce paragraphe doivent être en relation soit avec la puissance crête de la bande passante pour les filtres passe-bande, soit avec la puissance crête des canaux transversaux pour les filtres coupe-bande à bande étroite. Dans l'un ou l'autre cas, la fonction de transfert mesurée ne sera pas plane dans ces régions, et il est donc nécessaire de comprendre la façon dont la crête est déterminée.

Il y a plusieurs méthodes communes pour choisir la puissance crête. Quelques-unes d'entre elles sont répertoriées ci-dessous:

$$T_{\max} = \max \{T(\lambda)\} \quad (11)$$

$$T_{\max} = \text{mean} \{T(\lambda_h - CFR/2), T(\lambda_h + CFR/2)\} \quad (12)$$

$$T_{\max} = \text{shorth} \{T(\lambda_h -), T(\lambda_h +)\} \quad (13)$$

Tandis que les deux premières méthodes impliquent de prendre en considération soit la lecture maximale, soit la lecture moyenne à travers une plage de longueurs d'onde, la troisième est moins évidente et est expliquée à l'Annexe C.

La présente norme ne préconise pas une méthode préférentielle, mais on doit comprendre les différences subtiles et les spécifier dans la mesure.

### 7.2.3 Normalisation de la fonction de transfert

Les fonctions de transfert sont généralement représentées sur une échelle normalisée, logarithmique (voir Figure 6), et la transmission crête déterminée en 7.2.2 est donc de 0 dB. Les fonctions tracées peuvent être obtenues de la façon suivante:

$$T_N(\lambda) = [T(\lambda) - T_{\max}] \text{ (dB)} \quad (14)$$

La plupart des mesures détaillées dans les paragraphes suivants sont fondées sur la fonction de transfert normalisée.

### 7.3 Calcul de l'affaiblissement optique (A)

Il y a généralement trois types d'affaiblissement optique (A) répertoriés pour les dispositifs DWDM. Le premier est l'affaiblissement optique du canal nominal du dispositif ( $A(\lambda_h)$ ). Le deuxième est l'affaiblissement optique des canaux adjacents les plus proches ou des canaux isolés ( $A(\lambda_{i=h+1})$  et  $A(\lambda_{g=h-1})$ ). L'affaiblissement optique final est celui des autres canaux isolés ( $A(\lambda_x)$ , où  $x \neq h, i$ , ou  $g$ ) appelé isolation du canal non adjacent.

Dans chacun de ces cas, il convient de spécifier les pertes d'insertion comme un seuil par  $\lambda = \lambda_h \pm \text{CFR}/2$  où  $\lambda_h$  est la longueur d'onde nominale à laquelle le dispositif est destiné et CFR est la plage de longueurs d'onde de fonctionnement entière spécifiée pour le dispositif ou le canal respectif.

Pour la méthode de tous les états, l'affaiblissement optique est calculé de la façon suivante:

$$A(\lambda) = 10 \log [t_{\text{Lave}}(\lambda)/T_{\text{Lave}}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (15)$$

où les puissances sont mesurées en Watts.

Si la méthode de la matrice de Mueller est utilisée, l'affaiblissement optique est simplement:

$$A(\lambda) = -10 \log [T_{\text{Lave}}(\lambda)] \text{ (dB)} \quad (16)$$

Dans ce cas, le balayage de référence a déjà été pris en compte dans les formules de la matrice.

Comme mentionné ci-dessus, il convient que l'affaiblissement optique du canal adjacent le plus proche et du canal non adjacent soit pris sur la plage des longueurs d'onde centrales du dispositif, conduisant à plusieurs interprétations distinctes (minimales, maximales, moyennes).

### 7.4 Perte d'insertion (IL)

La perte d'insertion est l'affaiblissement optique d'un canal en cours d'émission. La perte d'insertion est généralement définie comme la valeur maximale de l'affaiblissement optique sur la plage des fréquences centrales:

$$IL(\lambda_h) = \max (A(\lambda_h \pm \text{CFR}/2)) \text{ (dB)} \quad (17)$$

La perte d'insertion exprimée en utilisant la fonction de transfert est la suivante:

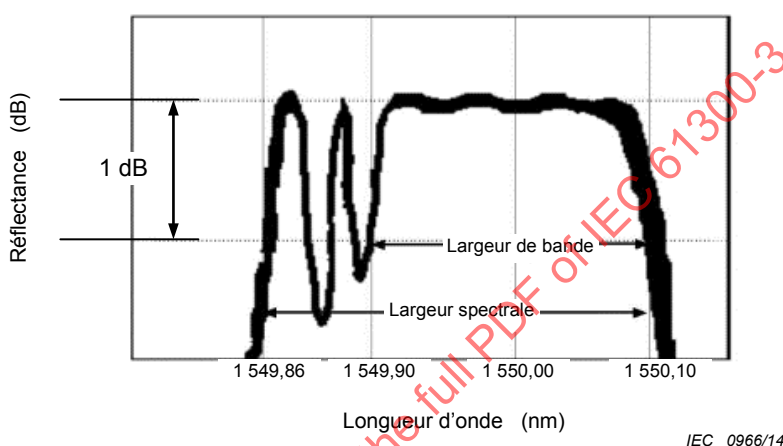
$$IL(\lambda_h) = -10 \log [T_{\text{Lmin}}(\lambda_h \pm \text{CFR}/2)] \text{ (dB)} \quad (18)$$

La perte d'insertion est une valeur positive exprimée en dB.

## 7.5 Largeur de bande et largeur spectrale totale

### 7.5.1 Généralités

Les mesures de la largeur de bande (BW) de la bande passante sont effectuées par rapport à la crête de la réponse spectrale de la fonction de transfert normalisée. Un exemple de spectre de réflectance pour un réseau de Bragg sur fibre (FBG) est représenté à la Figure 7, la largeur de bande de –1 dB étant mise en évidence. Cela présente une opportunité pour montrer la différence entre la largeur de bande et les mesures de largeur spectrale totale, étant donné que le réseau de Bragg sur fibre a plus de deux points de croisement de –1 dB. En calculant la largeur de bande, il est nécessaire d'utiliser les points de croisement les plus proches de chaque côté de la longueur d'onde centrale. Par opposition, la largeur spectrale totale utiliserait les points de croisement les plus éloignés de chaque côté de la longueur d'onde centrale.



**Figure 7 – Largeur de bande et largeur spectrale totale pour un réseau de Bragg sur fibre**

Dans l'un ou l'autre cas, il n'est pas probable que les points de croisement réels considérés ( $T_x$ ) seront l'un des points dans la mesure. Pour déterminer les croisements dans un tel cas, il est normal d'utiliser une interpolation linéaire des deux points les plus proches du croisement. Ainsi, si le point juste au-dessus du croisement est représenté comme  $(T_{x+}, \lambda_{x+})$  et le point juste en dessous du croisement comme  $(T_{x-}, \lambda_{x-})$ , la longueur d'onde de croisement  $\lambda_x$  est déterminée de la façon suivante:

$$\lambda_x = \left( \frac{\lambda_{x+} - \lambda_{x-}}{T_{x+} - T_{x-}} \right) * (T_x - T_{x-}) + \lambda_{x-} \quad (19)$$

Il est également acceptable d'utiliser les points juste au-dessus ou en dessous du croisement choisi pour les calculs de la largeur de bande.

Il convient que les mesures de la largeur de bande incluent également une plage spectrale sur laquelle il convient que la mesure soit limitée. Cela est particulièrement nécessaire pour les dispositifs qui présentent une structure à répétition ou qui ont des modes d'ordre plus élevé.

Pour un filtre coupe-bande à bande étroite (Figure 6b), la longueur d'onde centrale est localisée au minimum de la courbe de réponse spectrale, et le filtre coupe-bande est défini par la largeur de bande à un point par rapport à l'enveloppe supérieure du filtre (c'est-à-dire BW (–40 dB)).

### 7.5.2 Longueur d'onde centrale

Les mesures en longueur d'onde centrale dans le cadre de la présente norme doivent être fondées sur la mesure  $X$  dB de la largeur de bande. Le centre doit être défini comme la médiane des deux points de croisement. Par exemple, un dispositif pourrait avoir un centre à  $-1$  dB de  $1\,550,00$  nm, si ses croisements de  $-1$  dB sont à  $1\,549,90$  nm et  $1\,550,10$  nm, et une largeur de bande à  $1$  dB de  $0,20$  nm.

Le centre de la largeur de bande peut différer de la longueur d'onde de fonctionnement nominal du DUT, puisqu'en pratique, le centre nominal peut également comporter d'autres facteurs tels que les effets d'isolation, de dispersion, et/ou de polarisation.

### 7.5.3 Écart de la longueur d'onde centrale

L'écart de la longueur d'onde centrale est la différence entre la longueur d'onde centrale et la longueur d'onde nominale du canal spécifié pour les dispositifs DWDM. Où la longueur d'onde centrale est définie comme le centre de la plage de longueurs d'onde dont l'affaiblissement optique est supérieur de  $X$  dB à la perte d'insertion minimale (affaiblissement optique minimal) pour la plage de fréquences du canal spécifiée (bande passante).

NOTE Généralement  $X$  vaut  $0,5$ ,  $1$  ou  $3$ .

### 7.5.4 Largeur de bande à $X$ dB

La largeur de bande à  $X$  dB est la plage de longueurs d'onde minimale à une augmentation de  $X$  dB par rapport à la perte d'insertion minimale. Comme le montre la Figure 8, la longueur d'onde centrale peut être décalée en raison de sa dépendance à la température, à la polarisation et au vieillissement à long terme. La largeur de bande à  $X$  dB inclut ce décalage.

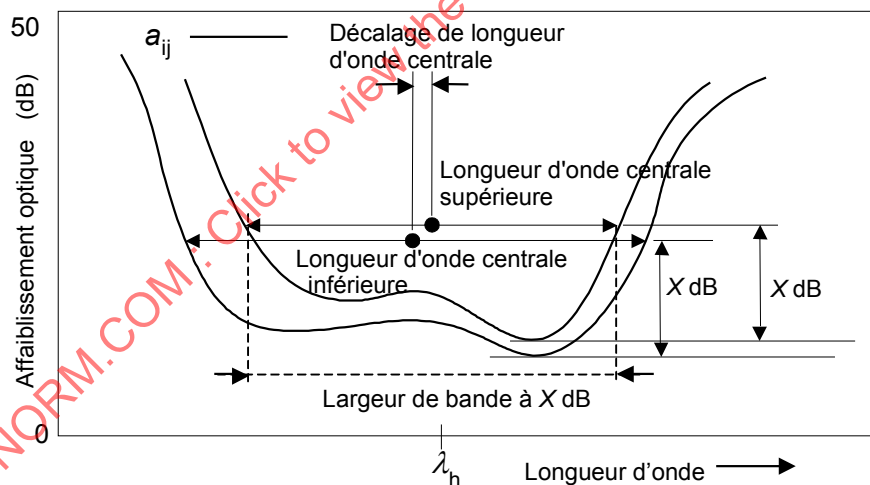
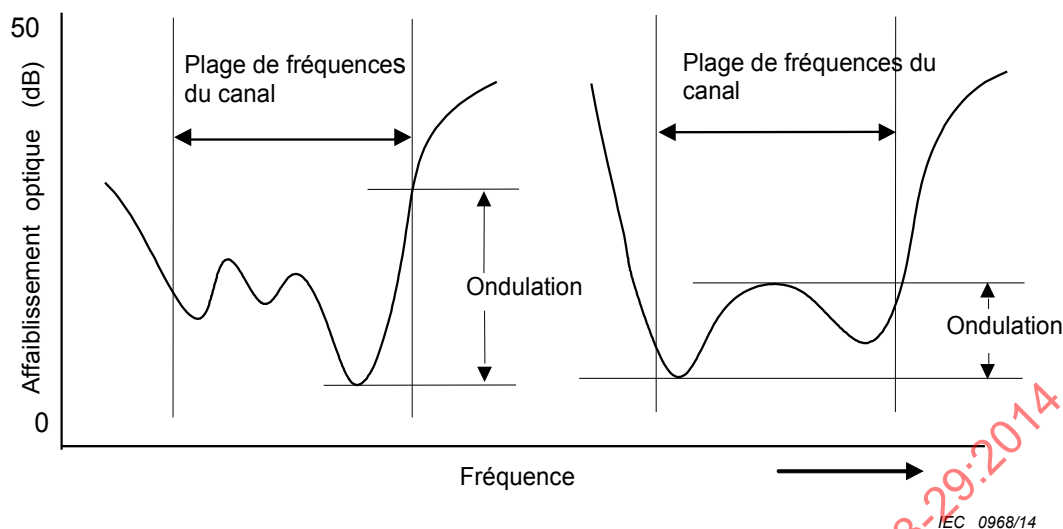


Figure 8 – Largeur de bande à  $X$  dB

### 7.6 Ondulation dans la bande passante

L'ondulation dans la bande passante est la variation maximale entre l'affaiblissement optique maximal et l'affaiblissement optique minimal sur la plage de fréquences du canal (bande passante).



**Figure 9 –Ondulation dans la bande passante**

## 7.7 Isolation ( I ) et diaphonie (XT)

### 7.7.1 Généralités

L'isolation est la mesure de la puissance provenant des canaux en dehors de la plage de fréquence du canal se propageant à travers un filtre passe-bande par rapport à la puissance d'entrée. Cela est habituellement défini pour le canal adjacent le plus proche et les configurations non adjacentes. La Figure 10 illustre ces concepts.

La diaphonie diffère de l'isolation. La diaphonie est le rapport entre la puissance d'un signal indésirable (ou bruit) et la puissance du signal utile.

L'isolation est une valeur positive exprimée en dB, et la diaphonie est une valeur négative exprimée en dB. Sur la Figure 10, les flèches orientées vers le haut représentent des valeurs positives et les flèches orientées vers le bas représentent des valeurs négatives.



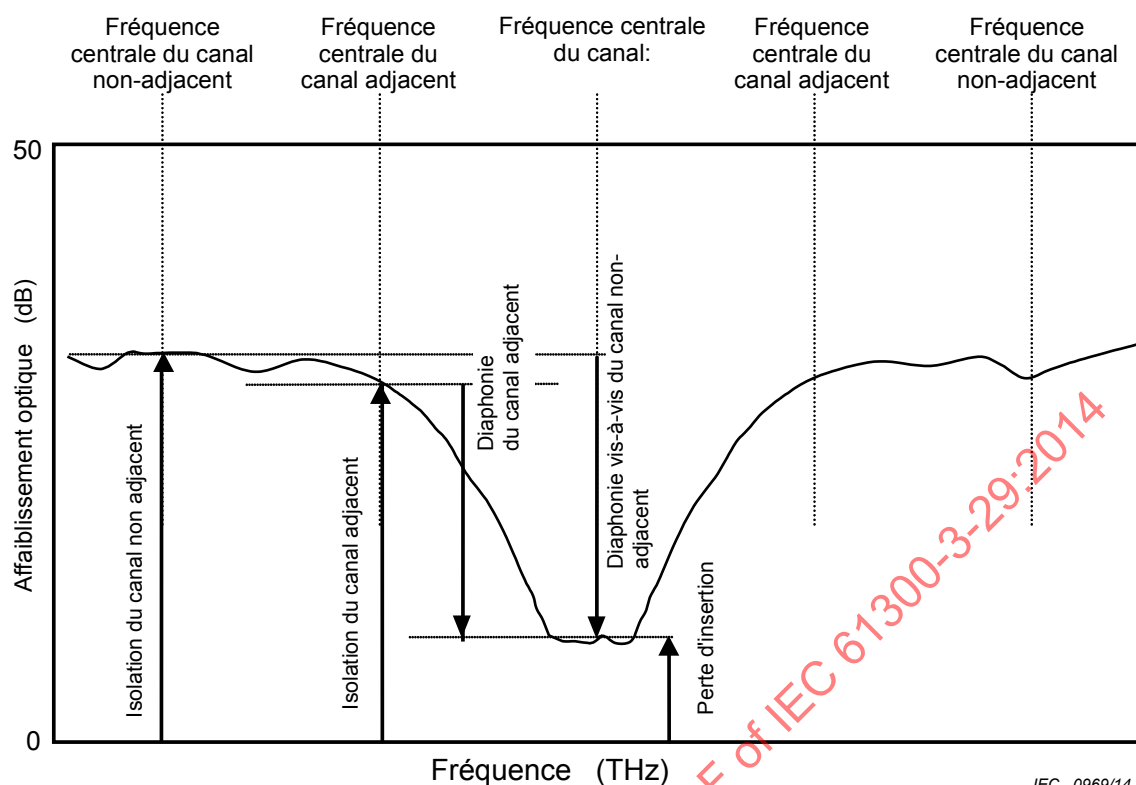


Figure 10 – Isolation et diaphonie du canal

### 7.7.2 Isolation du canal

L'isolation du canal à une longueur d'onde particulière [ $I(\lambda_j)$ , où  $j \neq h$ ] est l'affaiblissement optique à cette longueur d'onde,  $\lambda_j$ . Elle s'exprime simplement sous la forme suivante:

$$I(\lambda_j) = A(\lambda_j) \text{ (dB)} \quad (20)$$

En utilisant la fonction de transfert, elle s'exprime sous la forme suivante:

$$I(\lambda_j) = -10 \log [T(\lambda_j)] \text{ (dB)} \quad (21)$$

### 7.7.3 Diaphonie du canal

La diaphonie du canal à une longueur d'onde particulière est le rapport entre la puissance optique de sortie de la longueur d'onde ( $\lambda_j$ , où  $j \neq h$ ) et la puissance optique de sortie de la longueur d'onde ( $\lambda_h$ ). La diaphonie est calculée en utilisant l'affaiblissement optique,  $A$ , par l'équation:

$$XT(\lambda_j) = A(\lambda_h) - A(\lambda_j) \text{ (dB)} \quad (22)$$

Étant donné que  $A(\lambda_h)$  est généralement inférieur à  $A(\lambda_j)$ , la diaphonie est une valeur négative en dB.

NOTE Sachant que  $A(\lambda_h)$  est la perte d'insertion et  $A(\lambda_j)$  est l'isolation, la diaphonie est la perte d'insertion de laquelle on soustrait l'isolation.

#### 7.7.4 Isolation du canal adjacent

L'isolation du canal adjacent est l'isolation du canal de transmission ( $\lambda_{j=h\pm 1}$ ) par rapport à celui qui lui est adjacent ( $\lambda_h$ ).

NOTE Il y a deux isolations du canal adjacent, pour les canaux de  $g=h-1$  et  $i=h+1$ , sauf si le canal  $h$  est de plus petite longueur d'onde (fréquence plus élevée) ou de plus grande longueur d'onde (fréquence plus basse) dans tous les canaux.

#### 7.7.5 Diaphonie du canal adjacent

La diaphonie du canal adjacent est la diaphonie du canal qui est adjacent ( $\lambda_{j=h\pm 1}$ ) au canal de transmission ( $\lambda_h$ ).

NOTE Il y a deux diaphonies du canal adjacent, pour les canaux de  $g=h-1$  et  $i=h+1$ , sauf si le canal  $h$  est de plus petite longueur d'onde (fréquence plus élevée) ou de plus grande longueur d'onde (fréquence plus basse) dans tous les canaux.

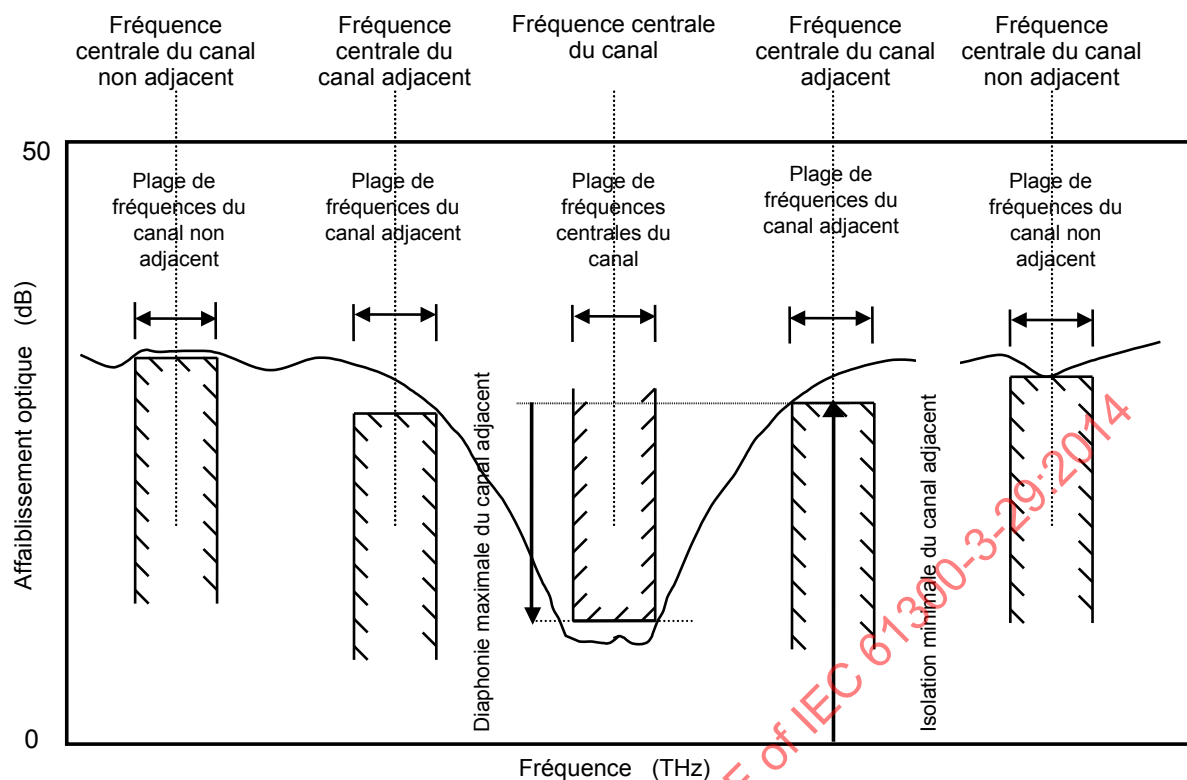
#### 7.7.6 Isolation minimale du canal adjacent

L'isolation minimale du canal adjacent est la valeur minimale de l'isolation du canal adjacent sur la plage de fréquences (bande passante) du canal adjacent, comme le montre la Figure 11.

#### 7.7.7 Diaphonie maximale du canal adjacent

La diaphonie maximale du canal adjacent est la valeur maximale de la diaphonie du canal adjacent sur la plage de fréquences (bande passante) des canaux  $h$ ,  $g$  et  $i$ . Elle est calculée en soustrayant l'affaiblissement optique minimal du canal  $j$  ( $g$  et  $i$ ;  $h\pm 1$ ) de l'affaiblissement optique maximal du canal  $h$ :

$$XT_{adj}^{max}(\lambda_j) = \max[ A(\lambda_h \pm CFR/2) ] - \min[ A(\lambda_j \pm CFR/2) ] \text{ (dB)} \quad (23)$$



IEC 0970/14

Figure 11 – Isolation minimale du canal adjacent

### 7.7.8 Isolation du canal non adjacent

L'isolation du canal non adjacent est l'isolation du canal qui n'est pas adjacent au canal de transmission. Voir Figure 10.

### 7.7.9 Diaphonie vis-à-vis du canal non-adjacent

La diaphonie du canal non adjacent est la diaphonie du canal qui n'est pas adjacent au canal de transmission. Voir Figure 10.

### 7.7.10 Isolation minimale du canal non adjacent

L'isolation minimale du canal non adjacent est la valeur minimale de l'isolation du canal non adjacent sur la plage de fréquences (bande passante) du canal non adjacent, comme le montre la Figure 11.

### 7.7.11 Diaphonie maximale du canal non adjacent

La diaphonie maximale du canal non adjacent est la valeur maximale de la diaphonie du canal non adjacent sur la plage de fréquences (bande passante) du canal h et de tous les autres canaux j ( $j \neq h$ , g et i). Elle est calculée en soustrayant l'affaiblissement optique minimal du canal j ( $j \neq h$ , g et i) de l'affaiblissement optique maximal du canal h:

$$XT_{\text{nonadj}}^{\max}(\lambda_j) = \max[ A(\lambda_h \pm CFR/2) ] - \min[ A(\lambda_j \pm CFR/2) ] \text{ (dB)} \quad (24)$$

### 7.7.12 Isolation de la totalité du canal

L'isolation totale des canaux est définie pour des dispositifs DWDM 1xN lorsqu'ils sont utilisés comme OMUX. Elle est calculée comme la somme des isolations pour des canaux isolés. Elle s'exprime en utilisant la fonction de transfert, sous la forme: