

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61290-3-1

Première édition
First edition
2003-08

**Amplificateurs optiques –
Méthodes d'essai –**

**Partie 3-1:
Paramètres du facteur de bruit –
Méthode d'analyseur du spectre optique**

**Optical amplifiers –
Test methods –**

**Part 3-1:
Noise figure parameters –
Optical spectrum analyzer method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61290-3-1:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61290-3-1

Première édition
First edition
2003-08

**Amplificateurs optiques –
Méthodes d'essai –**

**Partie 3-1:
Paramètres du facteur de bruit –
Méthode d'analyseur du spectre optique**

**Optical amplifiers –
Test methods –**

**Part 3-1:
Noise figure parameters –
Optical spectrum analyzer method**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives	10
3 Abréviations	12
4 Appareillage.....	12
5 Echantillon d'essai	16
6 Procédure	16
6.1 Etalonnage	18
6.1.1 Etalonnage de largeur de bande optique.....	18
6.1.2 Etalonnage de la perte d'insertion de l'étape zéro	20
6.1.3 Etalonnage du facteur de correction de puissance d'ASO	20
6.2 Mesure	22
6.2.1 Technique de DI à voie unique	22
6.2.2 Technique de PN	24
7 Calcul	24
8 Résultats d'essai.....	26
Annexe A (normative) Limite des techniques d'interpolation directe due à l'émission de source spontanée	28
Bibliographie	32
Figure 1 – Deux dispositions types de l'appareillage d'essai d'analyseur de spectre optique pour les mesures de paramètres de facteurs de bruit.....	14
Figure A.1 – Erreur de soustraction DI en fonction du niveau d'émission de source spontanée	30

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Abbreviations	13
4 Apparatus	13
5 Test sample	17
6 Procedure	17
6.1 Calibration	19
6.1.1 Calibration of optical bandwidth	19
6.1.2 Calibration of nulling stage insertion loss	21
6.1.3 Calibration of OSA power correction factor	21
6.2 Measurement	23
6.2.1 Single channel DI technique	23
6.2.2 PN technique	25
7 Calculation	25
8 Test results	27
Annex A (normative) Limitation of direct interpolation techniques due to source spontaneous emission	29
Bibliography	33
Figure 1 – Two typical arrangements of the optical spectrum analyzer test apparatus for noise figure parameter measurements	15
Figure A.1 – DI subtraction error as a function of source spontaneous emission level	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3-1: Paramètres du facteur de bruit – Méthode d'analyseur du spectre optique

AVANT-PROPOS

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

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité aux dispositions de la présente Norme internationale peut impliquer l'utilisation d'un brevet concernant la technique de polarisation zéro donnée dans le paragraphe 6.2.2.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, en des termes et à des conditions raisonnables et non discriminatoires. A ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être obtenues auprès de:

Lucent
600 Mountain Avenue
Murray Hill, NJ 07974
USA

L'attention est par ailleurs attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été mentionnés ci-dessus. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir dûment signalé tout ou partie de ces droits de propriété.

La Norme internationale CEI 61290-3-1 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS

**Part 3-1: Noise figure parameters –
Optical spectrum analyzer method**

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, and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this International Standard may involve the use of a patent concerning the polarization nulling technique given in subclause 6.2.2.

The IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of these patent rights.

The holders of these patent rights have assured the IEC that they are willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statements of the holders of these patent rights are registered with the IEC. Information may be obtained from:

Lucent
600 Mountain Avenue
Murray Hill, NJ 07974
USA

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights other than those identified above. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61290-3-1 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

La présente norme annule et remplace l'IEC/PAS 612990-3-1 publié en 2002. Cette première édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/543/FDIS	86C/563/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/CEI, Partie 2.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 61291-1: *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*.

La CEI 61290-3 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Amplificateurs à fibres optiques – Spécification de base – Partie 3: Méthodes d'essai des paramètres du facteur de bruit*

Partie 3-1: Méthode d'analyseur du spectre optique

Partie 3-2: Méthode de l'analyseur spectral électrique

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-3-1:2003

This standard cancels and replaces IEC/PAS 61290-3-1 published in 2002. This first edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86C/543/FDIS	86C/563/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.

This standard is to be read in conjunction with IEC 61291-1: *Optical fibres amplifiers – Part 1: Generic specification*.

IEC 61290-3 consists of the following parts, under the general title *Optical amplifiers – Basic specification – Part 3: Test methods for noise figure parameters*:

Part 3-1: Optical spectrum analyzer

Part 3-2: Electrical spectrum analyzer method

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 61290 est consacrée au domaine des amplificateurs optiques. La technologie des amplificateurs optiques se développe encore rapidement, de sorte que des amendements et de nouvelles additions à cette norme sont à prévoir.

Chaque abréviation introduite dans la présente norme internationale est généralement expliquée dans le texte lors sa première apparition. Cependant, pour une meilleure compréhension de l'ensemble du texte, une liste de toutes les abréviations utilisées dans la présente norme est fournie dans l'Article 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-3-1:2003

INTRODUCTION

This part of IEC 61290 is devoted to the subject of optical amplifiers. The technology of optical amplifiers is still rapidly evolving, hence amendments and new additions to this standard can be expected.

Each abbreviation introduced in this standard is generally explained in the text the first time it appears. However, for an easier understanding of the whole text, a list of all abbreviations used in this standard is given in Clause 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-3-1:2003

AMPLIFICATEURS OPTIQUES –MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3-1: Paramètres du facteur de bruit – Méthode d'analyseur du spectre optique

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61290 s'applique aux amplificateurs optiques (AOs) actuellement disponibles sur le marché tels que les amplificateurs à fibres optiques (AFOs), les amplificateurs optiques à semi-conducteurs (AOS) et les amplificateurs optiques à guides d'ondes plans (AOGOPs) tels qu'ils sont répertoriés dans la CEI 61292-3.

L'objet de la présente norme est d'établir des prescriptions uniformes pour des mesures précises et fiables, à l'aide de la méthode d'essai de l'analyseur de spectre optique (ASO), des paramètres d'AO suivants, selon les définitions de la CEI 61291-1:

- a) facteur de bruit signal/émission spontanée;
- b) niveau de puissance d'émission spontanée amplifiée (ESA) copropagative;

Les méthodes décrites dans la présente partie de la CEI 61290 s'appliquent uniquement aux stimuli à voie unique.

Deux alternatives sont possibles pour la détermination du bruit de battement signal/émission spontanée, à savoir la technique d'interpolation directe (DI) d'ESA et la méthode de zéro de polarisation avec la technique d'interpolation (PN). La précision de la technique de DI souffre lorsque la pente de la courbe d'ESA spectrale d'AO possède une grande dépendance de longueur d'onde, comme dans le cas d'un AO avec un filtre de suppression d'ESA à bande étroite interne.

La précision de la technique de DI se dégrade à un niveau de puissance d'entrée élevé du fait de l'émission spontanée de la ou des sources laser. L'Annexe A fournit des indications sur les limites de cette technique pour une puissance d'entrée élevée.

NOTE 1 Toutes les valeurs numériques marquées d'un (‡) sont des valeurs proposées pour lesquelles la mesure est assurée. Les autres valeurs peuvent être acceptables mais il convient de les vérifier.

NOTE 2 Les aspects généraux des méthodes d'essai du facteur de bruit sont consignés dans la CEI 61290-3.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61290-1-1, *Amplificateurs à fibres optiques –Spécification de base – Partie 1-1: Méthodes d'essai pour les paramètres de gain – Analyseur de spectre optique*

CEI 61291-1, *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 61292-3, *Rapports techniques des amplificateurs optiques – Partie 3: Classification, caractéristiques et applications des amplificateurs optiques*

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS

Part 3-1: Noise figure parameters – Optical spectrum analyzer method

1 Scope and object

This part of IEC 61290 applies to commercially available optical amplifiers (OAs) such as optical fibre amplifiers (OFAs), semiconductor optical amplifiers (SOAs) and planar waveguide amplifiers (PWOAs) as classified in IEC 61292-3.

The object of this standard is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements, by means of the optical spectrum analyzer (OSA) test method, of the following OA parameters, as defined in IEC 61291-1:

- a) signal-spontaneous noise figure;
- b) forward amplified spontaneous emission (ASE) power level.

The methods described in this part of IEC 61290 apply to single-channel stimulus only.

Two alternatives for determining the signal-spontaneous beat noise are possible, namely the ASE direct interpolation technique (DI) and the polarization nulling with interpolation technique (PN). The accuracy of the DI technique will suffer when the slope of the OA spectral ASE curve has large wavelength dependence, as in the case of an OA with an internal narrowband ASE suppressing filter.

The accuracy of the DI technique degrades at high input power level due to the spontaneous emission from the laser source(s). Annex A provides guidance on the limits of this technique for high input power.

NOTE 1 All numerical values marked with (‡) are suggested values for which the measurement is assured. Other values may be acceptable but should be verified.

NOTE 2 General aspects of noise figure test methods are reported in IEC 61290-3.

2 Normative references

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

IEC 61290-1-1, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 1-1: Test methods for gain parameters – Optical spectrum analyser*

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

IEC 61292-3, *Optical amplifier technical reports – Part 3: Classification, characteristics and applications of optical amplifiers*

3 Abréviations

Pour les besoins de ce document, les abréviations suivantes s'appliquent:

ESA	Emission spontanée amplifiée
DBR	Réflecteur de Bragg réparti
DFB	Laser à rétroaction répartie
DI	(Technique d') interpolation directe
ECL	(Diode) laser à cavité externe
LED	Diode électroluminescente
AO	Amplificateur optique
AFO	Amplificateur à fibres optiques
ASO	Analyseur de spectre optique
PN	Zéro de polarisation (avec technique d'interpolation)
AOGOP	Amplificateurs optiques à guides d'ondes plans
AOS	Amplificateur optique à semi-conducteurs
SSE	Emission de source spontanée

4 Appareillage

Deux plans de montage de mesure (pour les techniques de DI et PN, respectivement), sont donnés à la Figure 1.

Les équipements d'essai énumérés ci-dessous sont nécessaires avec les caractéristiques exigées.

a) Source optique à bande étroite

La source optique doit être soit à longueur d'onde fixe soit à longueur d'onde accordable.

– Source optique à longueur d'onde fixe

Cette source optique doit générer de la lumière à une longueur d'onde et une puissance optique spécifiées dans la spécification particulière applicable. Sauf spécification contraire, la source optique doit émettre de la lumière avec la largeur totale à mi-hauteur du spectre plus étroite que 1 nm (±). Des lasers à raie unique, tels qu'un laser à rétroaction répartie (DFB), un laser à réflecteur de Bragg réparti (DBR) ou un laser à cavité externe (ECL) sont applicables. La diode électroluminescente (LED) avec filtre à bande étroite est également applicable. Le taux de suppression des modes latéraux pour le laser à raie unique doit être supérieur à 30 dB (±). La fluctuation de la puissance de sortie doit être inférieure à 0,05 dB (±), ce qui peut être plus accessible avec un isolateur optique au niveau de l'accès de sortie de la source optique. Il convient que l'émission de source spontanée et l'élargissement spectral à la base du spectre laser soient minimaux pour les sources lasers.

– Source optique à longueur d'onde accordable

Cette source optique doit générer de la lumière à longueur d'onde accordable dans la plage spécifiée dans la spécification particulière applicable. Sa puissance optique doit être spécifiée dans la spécification particulière applicable. Sauf spécification contraire, la source optique doit émettre de la lumière avec la largeur totale à mi-hauteur du spectre plus étroite que 1 nm (±). A titre d'exemple, un laser à raie unique ou une LED avec un filtre optique passe-bande étroit est applicable. Le taux de suppression des modes latéraux pour le laser à raie unique doit être supérieur à 30 dB (±). La fluctuation de la puissance de sortie doit être inférieure à 0,05 dB (±), ce qui peut être plus accessible avec un isolateur optique au niveau de l'accès de sortie de la source optique. Il convient que l'émission de source spontanée et l'élargissement spectral à la base du spectre laser soient minimaux pour les ECL.

3 Abbreviations

For the purposes of this document, the following abbreviations apply:

ASE	Amplified spontaneous emission
DBR	Distributed Bragg reflector
DFB	Distributed feedback laser
DI	Direct interpolation (technique)
ECL	External cavity laser (diode)
LED	Light emitting diode
OA	Optical amplifier
OFA	Optical fibre amplifier
OSA	Optical spectrum analyzer
PN	Polarization nulling (with interpolation technique)
PWOA	Planar waveguide optical amplifier
SOA	Semiconductor optical amplifier
SSE	Source spontaneous emission

4 Apparatus

Two schemes of the measurement set-up (for DI and PN techniques, respectively), are given in Figure 1.

The test equipment listed below, with the required characteristics, is needed.

a) *Narrowband optical source*

The optical source shall be either at a fixed wavelength or wavelength tunable.

– *Fixed-wavelength optical source*

This optical source shall generate light with a wavelength and optical power specified in the relevant detail specification. Unless otherwise specified, the optical source shall emit light with the full width at half maximum of the spectrum narrower than 1 nm ($\pm$). Single-line lasers such as a distributed feedback (DFB) laser, a distributed Bragg reflector (DBR) laser or an external cavity laser (ECL) are applicable. Also applicable is a light emitting diode (LED) with a narrowband filter. The suppression ratio for the side modes for the single-line laser shall be higher than 30 dB ($\pm$). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB ($\pm$), which may be better attainable with an optical isolator at the output port of the optical source. Source-spontaneous emission and spectral broadening at the base of the lasing spectrum should be minimal for laser sources.

– *Wavelength-tunable optical source*

This optical source shall generate wavelength-tunable light within the range specified in the relevant detail specification. Its optical power shall be specified in the relevant detail specification. Unless otherwise specified, the optical source shall emit light with the full width at half maximum of the spectrum narrower than 1 nm ($\pm$). A single-line laser or an LED with a narrow bandpass optical filter is applicable, for example. The suppression ratio of the side modes for the single-line laser shall be higher than 30 dB ($\pm$). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB ($\pm$), which may be better attainable with an optical isolator at the output port of the optical source. Source-spontaneous emission and spectral broadening at the base of the lasing spectrum should be minimal for the ECL.

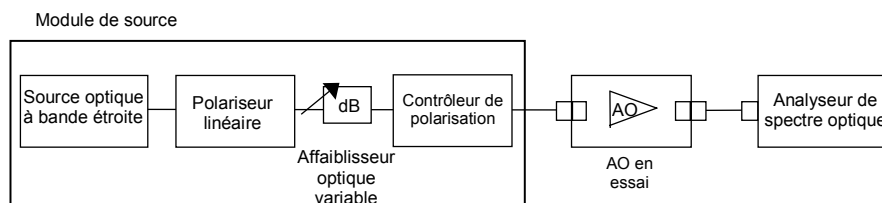


Figure 1a – Technique DI

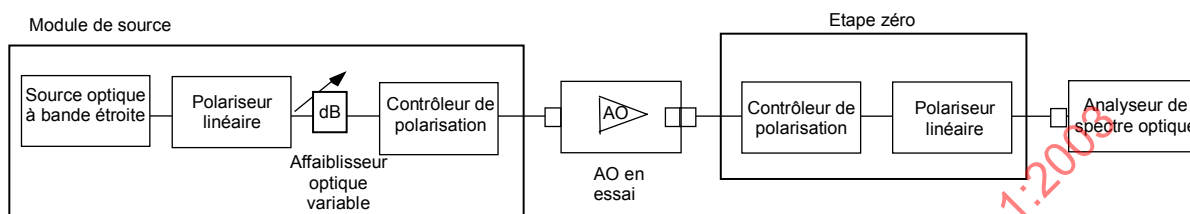


Figure 1b – Technique PN

Figure 1 – Deux dispositions types de l'appareillage d'essai d'analyseur de spectre optique pour les mesures de paramètres de facteurs de bruit

b) *Contrôleur de polarisation*

Ce dispositif doit être en mesure de convertir tout état de polarisation d'un signal en un autre état de polarisation. Le contrôleur de polarisation peut être constitué d'un contrôleur de polarisation toutes fibres ou d'une plaque quart d'onde rotative d'un minimum de 90° suivie d'une plaque demi-onde rotative d'un minimum de 180°. La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que –50 dB (±) à chaque accès. La variation de perte d'insertion de ce dispositif doit être inférieure à 0,2 dB (±).

c) *Polariseur linéaire*

Il convient que ce dispositif ait un rapport d'extinction minimal de 30 dB (±), et une réflectance plus petite que –50 dB (±) à chaque accès. Un polariseur rotatif est privilégié pour rendre maximale la puissance du signal d'entrée.

d) *Affaiblisseur optique variable*

La plage d'affaiblissement et la stabilité doivent se situer au-dessus 40 dB (±) et être supérieures à 0,1 dB (±), respectivement. La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que –50 dB (±) à chaque accès.

e) *Analyseur de spectre optique*

L'ASO doit avoir une sensibilité de polarisation inférieure à 0,1 dB (±), une stabilité supérieure à 0,1 dB (±), et une précision de longueur d'onde supérieure à 0,05 nm (±). Il convient que la linéarité soit supérieure à 0,2 dB (±) sur la plage dynamique du dispositif. La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que –50 dB (±) à son accès d'entrée.

f) *Mesureur de puissance optique*

Le présent dispositif doit avoir une précision de mesure meilleure que 0,2 dB (±), indépendamment de l'état de la polarisation, dans la largeur de bande de longueur d'onde opérationnelle de l'AO et dans la gamme de puissance comprise entre –40 dBm et +20 dBm (±).

NOTE Le mesureur de puissance optique sert à l'étalonnage.

g) *Source optique à large bande*

Ce dispositif doit fournir une puissance optique à large bande de sortie sur la largeur de bande de longueur d'onde opérationnelle de l'AO (par exemple 1 530 nm à 1 565 nm). Le spectre de sortie doit être plat avec une variation de moins de 0,1 dB (±) sur la plage de largeur de bande de mesure (généralement 10 nm). Par exemple, l'ESA générée par un AO sans signal appliqué pourrait être utilisée.

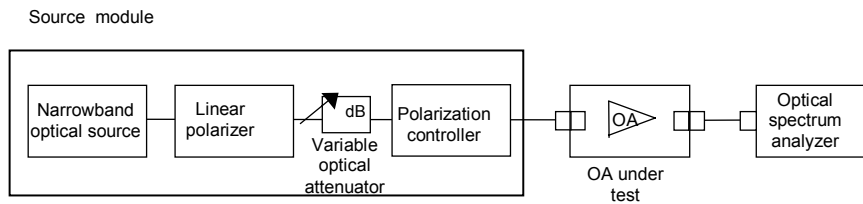


Figure 1a – DI technique

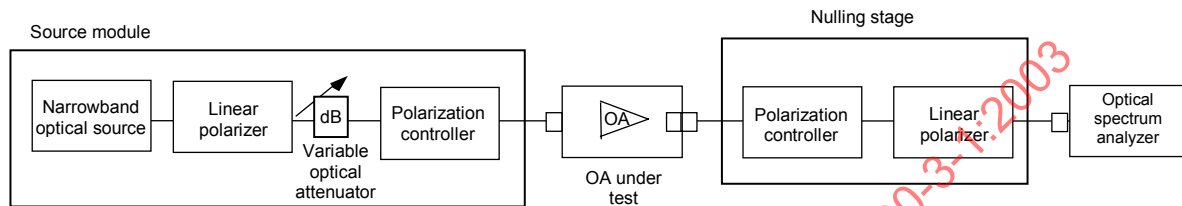


Figure 1b – PN technique

Figure 1 – Two typical arrangements of the optical spectrum analyzer test apparatus for noise figure parameter measurements

b) *Polarization controller*

This device shall be able to convert any state of polarization of a signal to any other state of polarization. The polarization controller may consist of an all fibre polarization controller or a quarter-wave plate rotatable by a minimum of 90° followed by a half wave plate rotatable by a minimum of 180° . The reflectance of this device shall be smaller than -50 dB ($\pm$) at each port. The insertion loss variation of this device shall be less than $0,2$ dB ($\pm$).

c) *Linear polarizer*

This device should have a minimum extinction ratio of 30 dB ($\pm$), and reflectance smaller than -50 dB ($\pm$) at each port. A rotatable polarizer is preferred to maximize the input signal power.

d) *Variable optical attenuator.*

The attenuation range and stability shall be over 40 dB ($\pm$) and better than $0,1$ dB ($\pm$), respectively. The reflectance from this device shall be smaller than -50 dB ($\pm$) at each port.

e) *OSA*

The OSA shall have polarization sensitivity less than $0,1$ dB ($\pm$), stability better than $0,1$ dB ($\pm$), and wavelength accuracy better than $0,05$ nm ($\pm$). The linearity should be better than $0,2$ dB ($\pm$) over the device dynamic range. The reflectance from this device shall be smaller than -50 dB ($\pm$) at its input port.

f) *Optical power meter*

This device shall have a measurement accuracy better than $0,2$ dB ($\pm$), irrespective of the state of polarization, within the operational wavelength bandwidth of the OA and within the power range from -40 dBm to $+20$ dBm ($\pm$).

NOTE The optical power meter is for calibration purposes.

g) *Broadband optical source*

This device shall provide output broadband optical power over the operational wavelength bandwidth of the OA (for example, $1\,530$ nm to $1\,565$ nm). The output spectrum shall be flat with less than a $0,1$ dB ($\pm$) variation over the measurement bandwidth range (typically 10 nm). For example, the ASE generated by an OA with no signal applied could be used.

h) *Connecteurs optiques*

La reproductibilité de la perte de connexion doit être supérieure à 0,1 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à –50 dB ($\pm$).

i) *Câbles de liaison à fibres optiques*

Le diamètre du champ de mode des câbles de liaison à fibres optiques doit être aussi proche que possible de celui des fibres utilisées en tant qu'accès d'entrée et de sortie de l'AO. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à –50 dB ($\pm$), et la longueur du dispositif doit être courte (<2m). Il convient que les câbles de liaison entre la source et le dispositif en essai demeurent sans perturbations tout au long des mesures afin de minimiser des modifications de l'état de polarisation.

Ensuite, la combinaison de la source optique à bande étroite, du polariseur linéaire, de l'affaiblisseur optique variable et du contrôleur de polarisation d'entrée doit être désignée comme le *module de source*. Le contrôleur de polarisation du module de source est facultatif et est exigé uniquement lorsque les performances dépendant de la polarisation doivent être mesurées.

La combinaison du contrôleur de polarisation de sortie et du polariseur linéaire sera désignée sous le nom d'*étape zéro*. L'étape zéro est exigée uniquement lorsque la technique de PN est employée et peut être omise pour la technique de DI.

5 Echantillon d'essai

L'AO en essai doit fonctionner aux conditions de fonctionnement nominales. Si l'AO est susceptible de causer des oscillations de laser du fait de réflexions non désirées, l'utilisation des isolateurs optiques est recommandée pour contenir l'AO en essai. Cela aura pour effet de minimiser l'instabilité de signal et l'inexactitude de mesure.

Il est nécessaire de veiller à maintenir l'état de polarisation de la lumière d'entrée pendant la mesure. Des modifications de l'état de polarisation de la lumière d'entrée peuvent entraîner des modifications de puissance optique d'entrée du fait de la légère dépendance de polarisation que l'on attend de tous les composants optiques utilisés conduisant à des erreurs de mesure.

6 Procédure

Cette méthode d'essai est fondée sur la mesure optique des paramètres suivants:

- le niveau de puissance de l'ESA à la sortie de l'AO en essai;
- la largeur de bande optique de l'ASO.

La mesure du niveau de puissance de l'ESA à la longueur d'onde de signal peut être accomplie soit par interpolation directe (DI) soit par une technique de zéro de polarisation incorporant l'interpolation (PN). La technique de DI est plus rapide et plus simple à mettre en œuvre; cependant, elle peut être imprécise du fait de distorsions provoquées par le signal et ses bandes latérales. D'autre part, la technique de PN sera généralement plus lente mais plus précise en raison de la réduction des distorsions. Le principe de PN est fondé sur le fait que le bruit d'ESA produit par un amplificateur optique est polarisé de manière aléatoire, tandis que le signal d'entrée a un état défini de polarisation. En sélectionnant un état de polarisation orthogonal à celui du signal, le bruit d'ESA peut être mesuré sans la distorsion de signal associée. Etant donné que le bruit est polarisé aléatoirement, on observe seulement la moitié du bruit d'ESA à l'aide de cette méthode.

Les deux techniques visent à éliminer l'émission de source spontanée non désirée du résultat de mesure d'ESA. La technique de DI nécessite une correction et une mesure discrètes pour la contribution de source spontanée au niveau de l'ESA. La technique de PN filtre directement la contribution de source spontanée et réduit la quantité de correction. L'étalonnage de la largeur de bande optique peut être accompli au moyen de l'ASO. Les procédures pour les deux techniques (DI et PN) sont fournies.

h) *Optical connectors*

The connection loss repeatability shall be better than 0,1 dB ($\pm$). The reflectance from this device shall be smaller than –50 dB ($\pm$).

i) *Optical fibre jumpers*

The mode field diameter of the optical fibre jumpers shall be as close as possible to that of fibres used as input and output ports of the OA. The reflectance from this device shall be smaller than –50 dB ($\pm$), and the device length shall be short (<2m). The jumpers between the source and the device under test should remain undisturbed during the duration of the measurements in order to minimize state of polarization changes.

Subsequently, the combination of the narrowband optical source, the linear polarizer, the variable optical attenuator and the input polarization controller shall be referred to as the *source module*. The polarization controller of the source module is optional and is required only when polarization dependent performances are to be measured.

The combination of the output polarization controller and the linear polarizer will be referred to as the *nulling stage*. The nulling stage is required only when the PN technique is employed and may be omitted for the DI technique.

5 Test sample

The OA under test shall operate at nominal operating conditions. If the OA is likely to cause laser oscillations due to unwanted reflections, use of optical isolators is recommended to bracket the OA under test. This will minimize the signal instability and the measurement inaccuracy.

Care shall be taken in maintaining the state of polarization of the input light during the measurement. Changes in the polarization state of the input light may result in input optical power changes because of the slight polarization dependency expected from all the used optical components, leading to measurement errors.

6 Procedure

This test method is based on the optical measurement of the following parameters:

- the ASE power level at the output of the OA under test;
- the optical bandwidth of the OSA.

Measurement of the ASE power level at the signal wavelength can be accomplished by either direct interpolation (DI) or by a polarization nulling technique incorporating interpolation (PN). The DI technique is faster and simpler to implement, however it may be inaccurate due to distortions caused by the signal and its sidebands. The PN technique, on the other hand, will generally be slower but more accurate by virtue of minimizing the distortions. The principle of PN is based on the fact that ASE noise produced by an optical amplifier is randomly polarized, whereas the input signal has a definite state of polarization. By selecting a state of polarization orthogonal to that of the signal, the ASE noise can be measured without the associated signal distortion. Since the noise is randomly polarized, only half the ASE noise is observed with this method.

Both techniques aim to eliminate the unwanted source-spontaneous emission from the ASE measurement result. The DI technique requires a discrete measurement and correction for the source-spontaneous contribution to the ASE level. The PN technique directly filters the source-spontaneous contribution and reduces the amount of correction. Calibration of the optical bandwidth can be accomplished using the OSA. Procedures for both techniques (DI and PN) are provided.

6.1 Etalonnage

6.1.1 Etalonnage de largeur de bande optique

La largeur de bande optique, B_O , peut être déterminée en utilisant la largeur de bande de résolution de l'ASO. L'étalonnage peut être réalisé en utilisant l'une des deux méthodes suivantes, fondées sur l'utilisation d'une source optique à bande étroite ou à large bande, respectivement. Les deux méthodes d'étalonnage s'appliquent soit à la technique de mesure de DI soit à la technique de mesure PN.

a) Etalonnage utilisant une source optique à bande étroite

Les étapes énumérées ci-dessous doivent être suivies.

- 1) Connecter la sortie d'une source optique à bande étroite accordable (soit le ECL soit le DFB) directement à l'ASO.
- 2) Régler la longueur d'onde centrale d'ASO à la longueur d'onde de signal à étalonner, λ_s .
- 3) Régler la portée de l'ASO à zéro.
- 4) Régler la largeur de bande de résolution de l'ASO à la valeur désirée, RBW.
- 5) Régler la longueur d'onde de source optique à bande étroite à λ_i , de sorte que: $\lambda_i = \lambda_s \pm (RBW + \delta)$, en choisissant δ suffisamment grand pour s'assurer que les longueurs d'onde d'extrémité tombent du passe-bande de filtre d'ASO.
- 6) Enregistrer le niveau de signal d'ASO, $P(\lambda_i)$, en unités linéaires.
- 7) Répéter les étapes 5) et 6), en accordant la longueur d'onde de source optique à bande étroite par la plage de longueurs de d'onde.
- 8) Déterminer la largeur de bande optique conformément à l'équation suivante:

$$\Delta\lambda_{BW}(\lambda_s) = [P(\lambda_i) / P(\lambda_s)] d\lambda_i$$

La précision de cette mesure est liée à l'intervalle d'accord de la source optique à bande étroite ($\Delta\lambda_i$) et à l'uniformité de puissance sur la plage de longueurs d'onde. L'intervalle d'accord inférieur à 0,1 nm est recommandé. Il convient que la puissance optique ne varie pas de plus de 0,4 dB sur la plage de longueurs d'onde.

b) Etalonnage utilisant une source optique à large bande

Cette méthode nécessite que l'ASO possède un filtre à limitation de largeur de bande de forme rectangulaire, lorsque la largeur de bande de résolution est à la valeur maximale. Les étapes énumérées ci-dessous doivent être suivies.

- 1) Connecter la sortie d'une source optique à bande étroite (soit le ECL soit le DFB) directement à l'OSA. Si elle est réglable (c'est-à-dire dans le cas de l'ECL), régler la longueur d'onde de la source optique à bande étroite à une longueur d'onde spécifique, λ_s .
- 2) Régler la largeur de bande de résolution d'ASO à la valeur maximale, de préférence à une largeur inférieure à 10 nm.
- 3) Au moyen de l'ASO, mesurer la FWHM du signal à bande étroite, $\Delta\lambda$.
- 4) Connecter la sortie d'une source optique à large bande directement à l'ASO.
- 5) Garder la largeur de bande de résolution d'ASO à la valeur maximale.
- 6) Au moyen de l'ASO, mesurer le niveau de puissance de sortie, P (en unités linéaires), à la longueur d'onde donnée, λ_s .
- 7) Régler la largeur de bande de résolution de l'ASO à la valeur désirée.
- 8) Au moyen de l'ASO, mesurer le niveau de puissance de sortie, P_{RBW} (en unités linéaires), à la longueur d'onde donnée, λ_s .
- 9) Déterminer la largeur de bande optique conformément à l'équation suivante:

$$\Delta\lambda_{BW}(\lambda_s) = [P_{RBW} / P] \Delta\lambda(\lambda_s)$$

6.1 Calibration

6.1.1 Calibration of optical bandwidth

The optical bandwidth, B_o , can be determined using the resolution bandwidth of the OSA. The calibration can be performed using one of the following two methods, based on the use of either a narrowband or a broadband optical source, respectively. Both calibration methods apply to either DI or PN measurement technique.

a) Calibration using a narrowband optical source

The steps listed below shall be followed.

- 1) Connect the output of a tunable narrowband optical source (either the ECL or the DFB) directly to the OSA.
- 2) Set the OSA centre wavelength to the signal wavelength to be calibrated, λ_s .
- 3) Set the OSA span to zero.
- 4) Set the OSA resolution bandwidth to the desired value, RBW.
- 5) Set the narrowband optical source wavelength to λ_i , such that: $\lambda_i = \lambda_s \pm (\text{RBW} + \delta)$, choosing δ large enough to ensure the end wavelengths fall out of the OSA filter pass band.
- 6) Record the OSA signal level, $P(\lambda_i)$, in linear units.
- 7) Repeat steps 5) and 6), tuning the narrowband optical source wavelength through the wavelength range.
- 8) Determine the optical bandwidth according to the following equation:

$$\Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s) = \int [P(\lambda_i) / P(\lambda_s)] d\lambda_i$$

The accuracy of this measurement is related to the tuning interval of the narrowband optical source ($\Delta\lambda_i$) and power flatness over the wavelength range. Tuning interval smaller than 0,1 nm is advisable. The optical power should not vary more than 0,4 dB over the wavelength range.

b) Calibration using a broadband optical source

This method requires that the OSA have a rectangular shape bandwidth-limiting filter, when the resolution bandwidth is at the maximum value. The steps listed below shall be followed.

- 1) Connect the output of a narrowband optical source (either the ECL or the DFB) directly to the OSA. If adjustable (i.e. in the case of the ECL), set the wavelength of the narrowband optical source to a specific wavelength, λ_s .
- 2) Set the OSA resolution bandwidth to the maximum value, preferably not larger than 10 nm.
- 3) Using the OSA, measure the FWHM of the narrowband signal, $\Delta\lambda$.
- 4) Connect the output of a broadband optical source directly to the OSA.
- 5) Keep the OSA resolution bandwidth at the maximum value.
- 6) Using the OSA, measure the output power level, P (in linear units), at the given wavelength, λ_s .
- 7) Set the OSA resolution bandwidth to the desired value.
- 8) Using the OSA, measure the output power level, P_{RBW} (in linear units), at the given wavelength, λ_s .
- 9) Determine the optical bandwidth according to the following equation:

$$\Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s) = [P_{\text{RBW}} / P] \Delta\lambda(\lambda_s)$$

Pour les deux méthodes, l'équation approximative suivante permet de convertir la largeur de bande optique du domaine de longueurs d'onde $[\Delta\lambda_{BW}(\lambda_s)]$ en domaine de fréquences $[B_o(\lambda_o)]$:

$$B_o(\lambda_o) = c [(\lambda_s - \Delta\lambda_{BW}(\lambda_s)/2)^{-1} - (\lambda_s + \Delta\lambda_{BW}(\lambda_s)/2)^{-1}]$$

c étant la vitesse de la lumière en espace libre.

Une fois cette mesure déterminée, toutes les mesures d'ASO sont effectuées avec le même réglage de largeur de bande de résolution comme étalonné ci-dessus, en prenant en considération le filtre optique dans l'ASO, le cas échéant.

Si un filtre optique étroit est inclus dans l'AO, il convient que l'AO soit inclus dans le chemin entre la source et l'ASO lors de l'étalonnage $B_o(\lambda_s)$. Le réglage de la largeur de bande de résolution doit être inférieur à la largeur de bande du filtre optique.

On estime que la mesure au niveau de la largeur de bande de résolution maximale, $\Delta\lambda$, est précise à ± 5 %.

6.1.2 Etalonnage de la perte d'insertion de l'étape zéro

Si la technique de PN est utilisée, les étapes énumérées ci-dessous pour étalonner la perte d'insertion de l'étape zéro du montage de mesure doivent être suivies. La perte d'insertion de l'étape zéro peut être étalonnée avant ou après que le niveau de bruit d'ESA soit mesuré. La précision de mesure peut être améliorée si cet étalonnage est réalisé à l'issue des mesures de puissance de l'ESA.

- Connecter la sortie optique du module de source directement à l'ASO. Régler le module de source à la longueur d'onde du signal, λ_s , spécifiée dans la spécification particulière. Régler l'affaiblissement de manière à atteindre le niveau de signal d'entrée désiré. Régler le contrôleur de polarisation du module de source pour obtenir l'état de signal d'entrée désiré de polarisation (facultatif). Mesurer cette valeur, P_s (en dBm), sur l'ASO.
- Ensuite, connecter la sortie du module de source directement à l'entrée de l'étape zéro et la sortie de l'étape zéro à l'ASO.
- Régler le contrôleur de polarisation de l'étape zéro et le polariseur pour minimiser le signal.
- En laissant le polariseur de l'étape zéro dans la position déterminée par l'étape c), régler le contrôleur de polarisation pour rendre maximal le signal.
- Mesurer la valeur du signal, P (en dBm), sur l'ASO.
- Déterminer la perte de l'étape zéro, L (in dB), conformément à l'équation suivante:

$$L(\lambda_s) = P_s - P$$

6.1.3 Etalonnage du facteur de correction de puissance d'ASO

Suivre les étapes énumérées ci-dessous pour étalonner le facteur de correction de puissance (PCF) d'ASO. Le facteur de correction de puissance étalonne l'ASO en vue d'une puissance absolue. Cette procédure s'applique tant aux techniques de mesure de DI que de PN.

- Régler le module de source à la longueur d'onde du signal, λ_s . Connecter la sortie du module de source directement à l'entrée du mesureur de puissance optique et mesurer la puissance optique P_{PWRMTR} (en dBm).
- Déconnecter la sortie du module de source du mesureur de puissance optique et connecter la sortie du module de source directement à l'entrée de l'ASO comme illustré, et mesurer P_{ASO} (en dBm).

For both methods, the following approximate equation permits to convert the optical bandwidth from the domain of wavelengths [$\Delta\lambda_{BW}(\lambda_s)$] to the domain of frequencies [$B_o(\lambda_o)$]:

$$B_o(\lambda_o) = c [(\lambda_s - \Delta\lambda_{BW}(\lambda_s)/2)^{-1} - (\lambda_s + \Delta\lambda_{BW}(\lambda_s)/2)^{-1}]$$

c being the speed of light in free space.

Once this value is determined, all OSA measurements are made with the same resolution bandwidth setting as calibrated above, taking into consideration the optical filter in the OSA, if present.

If a narrow optical filter is included in the OA, then the OA should be included in the path between the source and the OSA when calibrating $B_o(\lambda_s)$. The resolution bandwidth setting must be smaller than the optical filter bandwidth.

It is assumed that the measurement at the maximum resolution bandwidth, $\Delta\lambda$, is accurate to within $\pm 5\%$.

6.1.2 Calibration of nulling stage insertion loss

If the PN technique is being used, the steps listed below to calibrate the nulling stage insertion loss of the measurement set-up shall be followed. The nulling stage insertion loss can be calibrated either before or after the ASE noise level is measured. Measurement accuracy may be improved if this calibration is performed at the conclusion of the ASE power measurements.

- Connect the source module optical output directly to the OSA. Adjust the source module to the signal wavelength, λ_s , specified in the detail specification. Adjust the attenuation so the desired input signal level is reached. Adjust the source module polarization controller to obtain the desired input signal state of polarization (optional). Measure this value, P_s (in dBm), on the OSA.
- Next connect the source module output directly to the nulling stage input, and the nulling stage output directly to the OSA.
- Adjust the nulling stage polarization controller and polarizer to minimize the signal.
- Leaving the nulling stage polarizer in the position determined by step c), adjust the polarization controller to maximize the signal.
- Measure the signal value, P (in dBm), on the OSA.
- Determine the loss of the nulling stage, L (in dB), according to the following equation:

$$L(\lambda_s) = P_s - P$$

6.1.3 Calibration of OSA power correction factor

Follow the steps listed below to calibrate the OSA power correction factor (PCF). The power correction factor calibrates the OSA for absolute power. This procedure applies both to DI and PN measurement techniques.

- Adjust the source module to the signal wavelength, λ_s . Connect the output of the source module directly to the input of the optical power meter, and measure optical power P_{PWRMTR} (in dBm).
- Disconnect the output of the source module from the optical power meter, and connect the output of the source module directly to the input of the OSA as shown, and measure P_{OSA} (in dBm).

- c) Déterminer le facteur d'étalonnage de puissance, PCF , (en dB), conformément à l'équation suivante:

$$PCF(\lambda_s) = P_{PWRMTR} - P_{ASO}$$

6.2 Mesure

En se référant aux montages de mesure illustrés à la Figure 1, les étapes à suivre pour déterminer le niveau de bruit d'ESA d'un AO (en fonction de la longueur d'onde du signal et de la puissance d'entrée du signal) sont fournies ci-dessous séparément pour la technique de mesure de DI à voie unique et celles de PN, respectivement. La technique DI nécessite que l'on effectue une correction pour la contribution d'émission de source spontanée, tandis que la technique de PN filtre automatiquement la contribution d'émission de source spontanée.

6.2.1 Technique de DI à voie unique

- Régler la largeur de bande de résolution de l'ASO à la valeur étalonée. Ne pas modifier ce réglage tout au long des mesures du niveau de bruit.
- Régler la longueur d'onde du signal à la longueur d'onde spécifiée dans la spécification particulière.
- Régler le polariseur du module de source pour rendre maximal le niveau du signal optique.
- Régler le contrôleur de polarisation du module de source pour sélectionner un état de polarisation du signal d'entrée comme indiqué dans la spécification particulière (facultatif).
- Régler la puissance du signal à la puissance spécifiée dans la spécification particulière, en utilisant l'affaiblisseur optique variable du module de source.
- Connecter la sortie du module de source directement à l'ASO.
- Mesurer le spectre d'émission de source spontanée en fonction de la longueur d'onde, $P_{SSE}(\lambda)$ (en dBm). Déterminer le niveau de puissance d'émission de source spontanée total, $P_{SSE}^{total}(\lambda)$ (en dBm), en fonction de la longueur d'onde, conformément à l'équation suivante:

$$P_{SSE}^{total}(\lambda) = P_{SSE}(\lambda) + PCF$$

- Retirer la sortie du module de source de l'ASO, et connecter l'AO comme l'illustre la Figure 1a.
- Mesurer le niveau de puissance d'émission spontanée amplifiée copropagative adjacent au signal de source amplifié. Utiliser une adaptation d'interpolation polynomiale appropriée pour déterminer le niveau de puissance de l'ESA copropagative non corrigée, $P_{SE}(\lambda)$ (en dBm), centré autour de la longueur d'onde du signal.
- Déterminer le niveau de puissance de l'ESA copropagative non corrigée totale, $P_{SE}^{total}(\lambda)$ (en dBm), en fonction de la longueur d'onde, conformément à l'équation suivante:

$$P_{SE}^{total}(\lambda) = P_{SE}(\lambda) + PCF$$

- Mesurer le gain de l'AO, G (en unités linéaires), en utilisant la méthode décrite dans la CEI 61290-1-1.
- Déterminer la contribution de l'amplificateur au niveau de puissance total de l'ESA copropagative à la longueur d'onde du signal, $P_{ESA}^{amp}(\lambda_s)$ (en dBm), en soustrayant le niveau de puissance d'émission de source spontanée du niveau de puissance de l'ESA non corrigé, en fonction de la longueur d'onde, selon l'équation suivante:

$$P_{ASE}^{amp}(\lambda_s) = 10 \log_{10} \left[10^{\frac{P_{SE}^{total}}{10}} - G \times 10^{\frac{P_{SSE}(\lambda_s)}{10}} \right]$$

- c) Determine the power calibration factor, PCF , (in dB), according to the following equation:

$$PCF(\lambda_s) = P_{PWRMTR} - P_{OSA}$$

6.2 Measurement

With reference to the measurement set-ups shown in Figure 1, the steps to be followed to determine the ASE noise level of an OA (as a function of the signal wavelength and the signal input power) are given below separately for the single channel DI, and the PN measurement techniques, respectively. The DI technique requires a correction for the source-spontaneous emission contribution be made, while the PN technique automatically filters the source-spontaneous contribution.

6.2.1 Single channel DI technique

- a) Set the resolution bandwidth of the OSA to the calibrated value. Do not change this setting throughout the noise level measurements.
- b) Set the signal wavelength to the wavelength specified in the detail specification.
- c) Adjust the source module polarizer to maximize the optical signal level.
- d) Adjust the source module polarization controller to select an input signal polarization state as stated in the detail specification (optional).
- e) Set the signal power to the power specified in the detail specification, using the variable optical attenuator of the source module.
- f) Connect the source module output directly to the OSA.
- g) Measure the source-spontaneous emission spectrum as a function of wavelength, $P_{SSE}(\lambda)$ (in dBm). Determine the total source-spontaneous emission power level, $P_{SSE}^{total}(\lambda)$ (in dBm), as a function of wavelength, according to the following equation:

$$P_{SSE}^{total}(\lambda) = P_{SSE}(\lambda) + PCF$$

- h) Remove the source module output from the OSA, and connect the OA as shown in Figure 1a.
- i) Measure the forward-amplified spontaneous emission power level adjacent to the amplified source signal. Use a suitable polynomial interpolation fit to determine the uncorrected forward ASE power level, $P_{SE}(\lambda)$ (in dBm), centered about the signal wavelength.
- j) Determine the total uncorrected forward ASE power level, $P_{SE}^{total}(\lambda)$ (in dBm), as a function of wavelength, according to the following equation:

$$P_{SE}^{total}(\lambda) = P_{SE}(\lambda) + PCF$$

- k) Measure the OA gain, G (in linear units), using the method described in IEC 61290-1-1.
- l) Determine the amplifier contribution to the total forward ASE power level at the signal wavelength, $P_{ASE}^{amp}(\lambda_s)$ (in dBm), subtracting the source-spontaneous emission power level from the uncorrected ASE power level, as a function of wavelength, according to the following equation:

$$P_{ASE}^{amp}(\lambda_s) = 10 \log_{10} \left[10^{\frac{P_{SE}^{total}}{10}} - G \times 10^{\frac{P_{SSE}(\lambda_s)}{10}} \right]$$

6.2.2 Technique de PN

- a) Connecter l'AO comme illustré à la Figure 1b.
- b) Régler la largeur de bande de résolution de l'ASO à la valeur étalonnée. Ne pas modifier ce réglage tout au long des mesures du niveau de bruit.
- c) Régler la longueur d'onde du signal à la longueur d'onde spécifiée dans la spécification particulière.
- d) Régler le polariseur du module de source pour rendre maximal le niveau du signal optique.
- e) Régler le contrôleur de polarisation du module de source pour sélectionner un état de polarisation du signal d'entrée comme spécifié dans la spécification particulière (facultatif).
- f) Régler la puissance du signal à la puissance spécifiée dans la spécification particulière, en utilisant l'affaiblisseur optique variable du module de source.
- g) Régler le contrôleur de polarisation de sortie et le polariseur de l'étape zéro pour rendre maximale la sortie du signal.
- h) Régler le contrôleur de polarisation de l'étape zéro pour réduire le signal de sortie de l'AO, en laissant le polariseur dans la position déterminée à l'étape g).
- i) Mesurer le niveau de puissance d'émission spontanée adjacent au signal de source amplifié. Utiliser une technique d'interpolation appropriée pour déterminer le niveau de puissance de d'émission spontanée non corrigée, $P_{SE}(\lambda_s)$ (en dBm), à la longueur d'onde du signal.
- j) Déterminer le niveau de puissance de l'ESA copropagative totale, $P_{ESA}^{amp}(\lambda_s)$ (en dBm), conformément à l'équation suivante:

$$P_{ESA}^{amp}(\lambda_s) = P_{SE}(\lambda_s) + L_{pol} + PCF + 3$$

- k) Mesurer le gain de l'AO, G (en unités linéaires), en utilisant la méthode décrite dans la CEI 61290-1-1.

7 Calcul

Etant donné que le niveau de puissance de l'ESA copropagative est directement déterminé pendant les procédures de mesure, les calculs fournis ci-dessous doivent être suivis pour la détermination du facteur de bruit signal/émission spontanée, NF_{sig-sp} .

En partant des valeurs mesurées du niveau de puissance de l'ASE copropagative de l'AO, $P_{ESA}^{amp}(\lambda_s)$ (en dBm), du gain, G (en unités linéaires), et de la largeur de bande optique, $B_o(\lambda_s)$ (en unités de fréquence), le facteur de bruit signal/émission spontanée, NF_{sig-sp} (en dB), doit être calculé, en fonction de la puissance d'entrée du signal, P_{in} , et de la longueur d'onde du signal, λ_s , conformément à l'équation suivante:

$$NF_{sig-sp}(P_{in}, \lambda_s) = P_{ASE}^{amp}(\lambda_s) - 10 \log_{10}[G h \nu B_o(\lambda_s)]$$

(h étant la constante de Planck et ν la fréquence du signal optique).

NOTE La précision de cette méthode d'essai dépend largement de la précision à laquelle les connexions peuvent être interrompues et ré-établies ainsi que de la dépendance de polarisation de l'ASO.

6.2.2 PN technique

- a) Connect the OA as shown in Figure 1b.
- b) Set the resolution bandwidth of the OSA to the calibrated value. Do not change this setting throughout the noise level measurements.
- c) Set the signal wavelength to the wavelength specified in the detail specification.
- d) Adjust the source module polarizer to maximize the optical signal level.
- e) Adjust the source module polarization controller to select an input signal polarization state as specified in the detail specification (optional).
- f) Set the signal power to the power specified in the detail specification, using the variable optical attenuator of the source module.
- g) Adjust the output polarization controller and polarizer of the nulling stage to maximize the signal output.
- h) Adjust the nulling stage polarization controller to minimize the OA output signal, leaving the polarizer in the position determined in step g).
- i) Measure the spontaneous emission power level adjacent to the amplified source signal. Use a suitable interpolation technique to determine the uncorrected spontaneous emission power level, $P_{SE}(\lambda_s)$ (in dBm), at the signal wavelength.
- j) Determine the total forward ASE power level, $P_{ASE}^{amp}(\lambda_s)$ (in dBm), according to the following equation:

$$P_{ASE}^{amp}(\lambda_s) = P_{SE}(\lambda_s) + L_{pol} + PCF + 3$$

- k) Measure the OA gain, G (in linear units), using the method described in IEC 61290-1-1.

7 Calculation

Since the forward ASE power level is directly determined during the measurement procedures, the calculations given below shall be followed for the determination of the signal-spontaneous noise figure, NF_{sig-sp} .

Starting from the measured values of the OA forward ASE power level, $P_{ASE}^{amp}(\lambda_s)$ (in dBm), gain, G (in linear units), and optical bandwidth, $B_o(\lambda_s)$ (in frequency units), the signal-spontaneous noise figure, NF_{sig-sp} (in dB), shall be calculated, as a function of signal input power, P_{in} , and signal wavelength, λ_s , according to the following equation:

$$NF_{sig-sp}(P_{in}, \lambda_s) = P_{ASE}^{amp}(\lambda_s) - 10 \log_{10}[G h \nu B_o(\lambda_s)]$$

(h being the Planck's constant and ν the optical signal frequency).

NOTE The accuracy of this test method is very dependent on the accuracy at which connections can be broken and remade as well as on the polarization dependence of the OSA.

8 Résultats d'essai

Les précisions suivantes doivent être présentées:

- a) Disposition du montage d'essai (s'il est différent de celui spécifié dans l'Article 4)
- b) Technique de mesure; interpolation directe à voie unique ou zéro de polarisation avec interpolation
- c) Plage de longueurs d'onde de la mesure
- d) Type de source optique utilisée
- e) Longueurs d'onde du signal d'entrée, λ_s
- f) Largeur de bande optique, B_O
- g) Indication de la puissance de pompe optique (si applicable)
- h) Température ambiante (si demandée)
- i) Puissance du signal d'entrée, P_{in}
- j) Gain linéaire, G
- k) Niveau de puissance de l'ESA copropagative totale, P_{ESA}^{amp}
- l) Facteur de bruit signal/émission spontanée, NF_{sig-sp}
- m) Pour la DI, l'erreur due à la soustraction de l'émission de source spontanée (de l'Annexe A)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-3-1:2003