

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61290-1-3

Deuxième édition
Second edition
2005-11

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

**Partie 1-3:
Paramètres de puissance et de gain –
Méthode du wattmètre optique**

**Optical amplifiers –
Test methods –**

**Part 1-3:
Power and gain parameters –
Optical power meter method**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61290-1-3:2005

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 (www.iec.ch/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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 (www.iec.ch/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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**

61290-1-3

Deuxième édition
Second edition
2005-11

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

**Partie 1-3:
Paramètres de puissance et de gain –
Méthode du wattmètre optique**

**Optical amplifiers –
Test methods –**

**Part 1-3:
Power and gain parameters –
Optical power meter method**

© IEC 2005 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 Varembé, 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

R

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	14
3 Acronymes et abréviations	14
4 Appareillage	14
5 Echantillon d'essai	20
6 Mode opératoire	20
7 Calculs	24
8 Résultats d'essai	28
Annexe A (informative) Optimisation de la largeur spectrale du filtre passe-bande optique	34
Bibliographie	36

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	11
1 Scope and object.....	13
2 Normative references	15
3 Acronyms and abbreviations.....	15
4 Apparatus.....	15
5 Test sample.....	21
6 Procedure	21
7 Calculation	25
8 Test results	29
Annex A (informative) Optimization of optical bandpass filter spectral width.....	35
Bibliography.....	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – METHODES D'ESSAI –

Partie 1-3 : Paramètres de puissance et de gain – Méthode du wattmètre optique

AVANT-PROPOS

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

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1998. Il s'agit d'une révision technique qui inclut les principales modifications suivantes :

- a) la puissance optique et les paramètres de gain ont été ajoutés dans cette révision. Ce qui a conduit à la suppression de la CEI 61290-2-1;
- b) les champs d'application a été étendu à tous les amplificateurs optiques disponibles dans le commerce, non seulement aux amplificateurs pour l'optique fibrée.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 61291-1.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –**Part 1-3: Power and gain parameters –
Optical power meter 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, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998. It is a technical revision that includes the following significant changes.

- a) Optical power and gain parameters are both included in this revision. Therefore, International Standard IEC 61290-2-1 has been withdrawn.
- b) The applicability has been extended to all commercially available optical amplifiers – not just optical fiber amplifiers.

This standard shall be read in conjunction with IEC 61291-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/673/FDIS	86C/678/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.

La CEI 61290-1 comprend les parties suivantes, publiées sous le titre général *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai*: ¹⁾

- Partie 1-1: Méthodes d'essai pour les paramètres de gain – Analyseur de spectre optique
- Partie 1-2: Paramètres de puissance et de gain – Méthode de l'analyseur de spectre électrique
- Partie 1-3: Paramètres de puissance et de gain – Méthode du wattmètre optique
- Partie 2-1: Méthodes d'essai pour les paramètres de puissance optique – Analyseur de spectre optique
- Partie 2-2: Méthodes d'essai pour les paramètres de puissance optique – Analyseur de spectre électrique
- Partie 2-3: Méthodes d'essai pour les paramètres de puissance optique – Mesureur de puissance optique
- Partie 3: Méthodes d'essai des paramètres du facteur de bruit
- Partie 3-1: Paramètres du facteur de bruit – Méthode d'analyseur du spectre optique
- Partie 3-2: Méthodes d'essai pour les paramètres du facteur de bruit – Méthode de l'analyseur spectral électrique
- Partie 5-1: Méthodes d'essai des paramètres de réflectance – Analyseur de spectre optique
- Partie 5-2: Paramètres du facteur de réflexion – Méthode de l'analyseur de spectre électrique
- Partie 5-3: Méthodes d'essai des paramètres de réflectance – Tolérance de réflectance en utilisant un analyseur de spectre électrique
- Partie 6-1: Méthodes d'essai pour les paramètres de fuite de pompe – Démultiplexeur optique
- Partie 7-1: Méthodes d'essai pour les pertes d'insertion hors-bande – Mesureur de puissance équipé d'un filtre optique
- Partie 10-1: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un interrupteur optique et un analyseur de spectre optique
- Partie 10-2: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un analyseur de spectre optique stroboscopique
- Partie 10-3: Paramètres à canaux multiples – Méthodes par sondage
- Partie 11-1: Dispersion en mode de polarisation – Méthode d'analyse propre de matrice de Jones (JME)
- Partie 11-2: Paramètre de dispersion en mode de polarisation – Méthode d'analyse par la sphère de Poincaré

¹⁾ Certaines des parties figurant dans cette liste ont été publiées sous le titre général *Amplificateurs à fibres optiques - Spécifications de base* ou encore sous celui de *Méthodes d'essai des amplificateurs optiques*.

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

FDIS	Report on voting
86C/673/FDIS	86C/678/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.

IEC 61290 consists of the following parts under the general title *Optical amplifiers – Test methods*:¹⁾

- Part 1-1: Test methods for gain parameters – Optical spectrum analyzer
- Part 1-2: Power and gain parameters – Electrical spectrum analyzer method
- Part 1-3: Power and gain parameters – Optical power meter method
- Part 2-1: Test methods for optical power parameters – Optical spectrum analyzer
- Part 2-2: Test methods for optical power parameters – Electrical spectrum analyzer
- Part 2-3: Test methods for optical power parameters – Optical power meter
- Part 3: Test methods for noise figure parameters
- Part 3-1: Noise figure parameters – Optical spectrum analyzer method
- Part 3-2: Test methods for noise figure parameters – Electrical spectrum analyzer method
- Part 5-1: Test methods for reflectance parameters – Optical spectrum analyser
- Part 5-2: Reflectance parameters – Electrical spectrum analyser method
- Part 5-3: Test methods for reflectance parameters – Reflectance tolerance using electrical spectrum analyser
- Part 6-1: Test methods for pump leakage parameters – Optical demultiplexer
- Part 7-1: Test methods for out-of-band insertion losses – Filtered optical power meter
- Part 10-1: Multi-channel parameters – Pulse method using an optical switch and optical spectrum analyzer
- Part 10-2: Multi-channel parameters – Pulse method using a gated optical spectrum analyzer
- Part 10-3: Multi-channel parameters – Probe methods
- Part 11-1: Polarization mode dispersion – Jones matrix eigenanalysis method (JME)
- Part 11-2: Polarization mode dispersion parameter – Poincaré sphere analysis method

¹⁾ The first editions of some of these parts were published under the general title *Optical fibre amplifiers – Basic specification* or *Optical amplifier test methods*.

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61290-1-3:2005

Withdrawn

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

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

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61290-1-3:2005

INTRODUCTION

La présente Norme internationale est consacrée au domaine des amplificateurs optiques. La technologie des amplificateurs optiques évolue toujours rapidement, de sorte que des amendements et de nouvelles éditions de cette norme sont à prévoir.

Chaque abréviation introduite dans la présente norme est expliquée dans le texte, au moins lors de 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 donnée à l'Article 3.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61290-1-3:2005

Withdrawing

INTRODUCTION

This International Standard is devoted to the subject of optical amplifiers. The technology of optical amplifiers is still rapidly evolving, hence amendments and new editions to this standard can be expected.

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61290-1-3:2005

Withd2M

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – METHODES D'ESSAI –

Partie 1-3 : Paramètres de puissance et de gain – Méthode du wattmètre optique

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61290 s'applique à tous les amplificateurs optiques (AO) et sous-systèmes à amplification optique, disponibles sur le marché. Elle s'applique aux AO utilisant des fibres pompées optiquement (AFO basé sur des fibres dopées aux terres rares ou sur l'effet Raman), des semiconducteurs (SOA), et des guides d'ondes (POWA).

NOTE L'applicabilité des méthodes d'essai décrites dans la présente norme à des amplificateurs à effet Raman distribué est destinée à une étude ultérieure.

L'objet de la présente norme est d'établir des prescriptions uniformes afin d'obtenir des mesures précises et fiables des paramètres d'AO suivants, par le biais de la méthode d'essai du wattmètre optique, tels qu'ils sont définis à l'Article 3 de la CEI 61291-1.

- a) puissance nominale du signal de sortie;
- b) gain;
- c) gain inverse;
- d) gain maximal;
- e) gain en fonction de la polarisation;
- f) stabilité du signal de sortie;
- g) puissance de sortie en saturation;
- h) puissance maximale du signal d'entrée;
- i) puissance maximale du signal de sortie;
- j) intervalle de puissance d'entrée;
- k) intervalle de puissance de sortie;
- l) puissance totale de sortie maximale.

Cette méthode d'essai offre également un moyen de mesurer les paramètres suivants:

- longueur d'onde du gain maximale, et
- bande de longueur d'onde du gain.

NOTE Toutes les valeurs numériques suivies de (‡) sont des valeurs suggérées, pour lesquelles la mesure est assurée. D'autres valeurs peuvent être acceptables, mais il convient qu'elles soient vérifiées.

L'objet de la présente norme est spécifiquement centré sur les amplificateurs mono-canal. Pour les amplificateurs à canaux multiples, il convient de se reporter à la série CEI 61290-10²⁾.

2) Voir Bibliographie.

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

Part 1-3: Power and gain parameters – Optical power meter method

1 Scope and object

This International Standard applies to all commercially available optical amplifiers (OA) and optically amplified subsystems. It applies to OA using optically pumped fibres (OPA based on either rare-earth doped fibres or on the Raman effect), semiconductors (SOA), and waveguides (POWA).

NOTE The applicability of the test methods described in the present standard to distributed Raman amplifiers is for further study.

The object of this standard is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements, by means of the optical power meter test method, of the following OA parameters, as defined in Clause 3 of IEC 61291-1:

- a) nominal output signal power;
- b) gain;
- c) reverse gain;
- d) maximum gain;
- e) polarization-dependent gain;
- f) large-signal output stability;
- g) saturation output power;
- h) maximum input signal power;
- i) maximum output signal power;
- j) input power range;
- k) output power range;
- l) maximum total output power.

In addition this test method provides a means for measuring the following parameters:

- maximum gain wavelength;
- gain wavelength band.

NOTE All numerical values followed by ($\pm$) are suggested values for which the measurement is assured. Other values may be acceptable but should be verified.

The object of this standard is specifically directed to single-channel amplifiers. For multichannel amplifiers, one should refer to the IEC 61290-10 series².

² See Bibliography.

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 60793-1-40, *Fibres optiques – Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement*

CEI 61291-1:2005, *Amplificateurs optiques – Partie 1: Spécification générique*³

3 Acronymes et abréviations

ESA	émission spontanée amplifiée
DBR	réflecteur de Bragg distribué (<i>distributed Bragg reflector</i>) (diode laser)
DFB	contre-réaction distribuée (<i>distributed feedback</i>) (diode laser)
ECL	laser à cavité externe (<i>external cavity laser</i>) (diode)
DEL	diode électroluminescente
AO	amplificateur optique
AFO	amplificateur à fibres optiques
PDL	perte dépendant de la polarisation (<i>polarization dependent loss</i>)
SOA	amplificateur optique à semiconducteurs (<i>semiconductor optical amplifier</i>)
FWHM	largeur à mi-hauteur (<i>full width at half maximum</i>)
ASO	analyseur de spectre optique

4 Appareillage

Les schémas de l'installation de mesure sont donnés à la Figure 1.

³ Une première édition de la CEI 61291-1 a été publiée en 1998 sous le titre général *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

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 60793-1-40: *Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*

IEC 61291-1:2005, *Optical amplifiers – Part 1: Generic specification*³

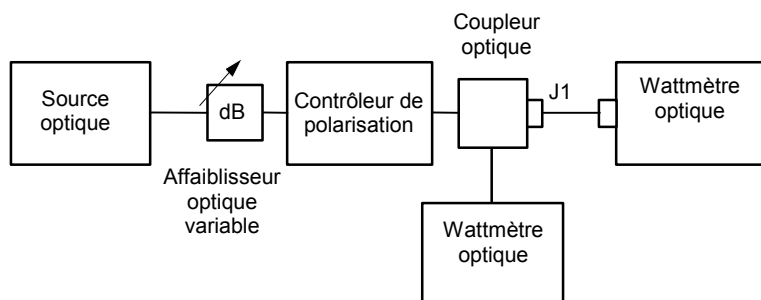
3 Acronyms and abbreviations

ASE	amplified spontaneous emission
DBR	distributed Bragg reflector (laser diode)
DFB	distributed feedback (laser diode)
ECL	external cavity laser (diode)
LED	light emitting diode
OA	optical amplifier
OFA	optical fibre amplifier
PDL	polarization dependent loss
SOA	semiconductor optical amplifier
FWHM	full width at half maximum
OSA	optical spectrum analyzer

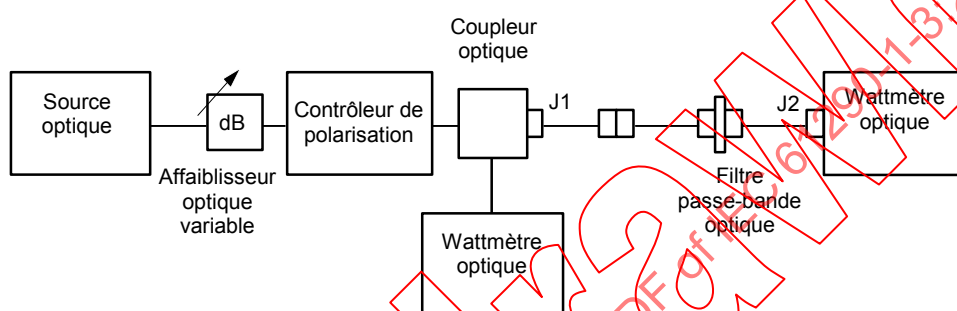
4 Apparatus

A diagram of the measurement set-up is given in Figure 1.

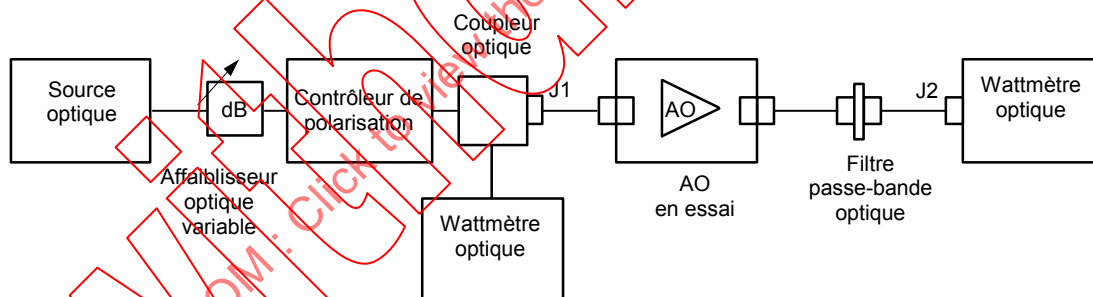
³ A first edition of IEC 61291-1 was published in 1998 under the title *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*.



a) Puissance du signal d'entrée

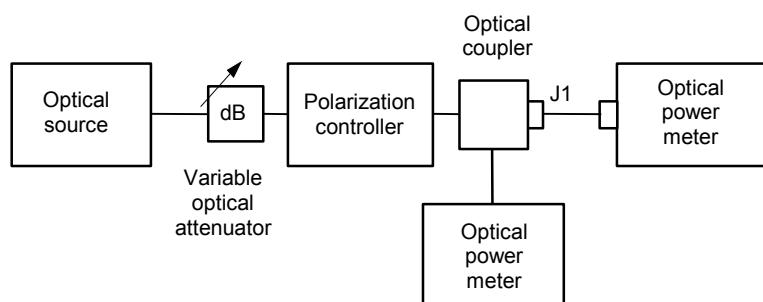


b) Pertes du filtre passe-bande optique et des pertes des connexions temporaires

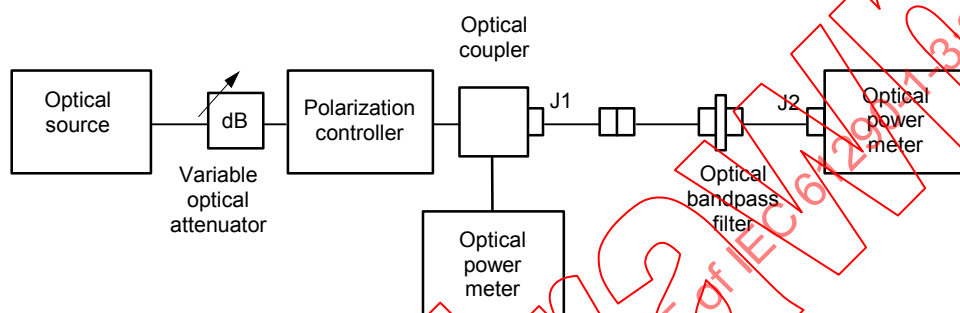


c) Puissance du signal de sortie et du gain

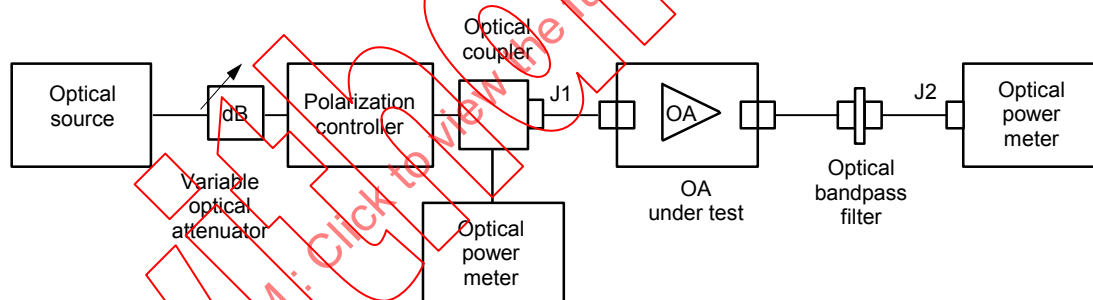
Figure 1 – Configuration type de l'appareillage d'essai du wattmètre optique pour les mesures (a) de la puissance du signal d'entrée, (b) des pertes du filtre passe-bande optique et des pertes des connexions temporaires, et (c) de la puissance du signal de sortie et du gain



a) Input signal power



b) Optical bandpass filter loss and jumper loss



c) Optical signal power and gain

IEC 1614/05

Figure 1 – Typical arrangement of the optical power meter test apparatus for measurement of (a) input signal power, (b) optical bandpass filter loss and jumper loss, and (c) output signal power and gain

Le matériel d'essai énuméré ci-dessous, avec les caractéristiques requises, est nécessaire:

- a) *source optique*. La source optique doit être de longueur d'onde fixe ou de longueur d'onde accordable:
 - *source optique de longueur d'onde fixe*. Cette source optique doit générer une lumière avec une longueur d'onde et une puissance optique spécifiées dans la spécification particulière applicable. Sauf spécification contraire, la source optique doit émettre un signal continu (non pulsé) avec une largeur spectrale à mi-hauteur inférieure à 1 nm ($\pm$). Un laser à contre-réaction distribuée (DFB), un laser à réflecteur de Bragg distribué (DBR), une diode laser à cavité externe (ECL), une diode électroluminescente (DEL) avec un filtre à bande étroite et un laser à raie unique peuvent être utilisés, par exemple.

Le taux de suppression des modes latéraux pour le laser DFB, le laser DBR ou l'ECL doit être supérieur à 30 dB ($\pm$). La variation de la puissance de sortie doit être inférieure à 0,05 dB ($\pm$), ce qui peut être plus facilement réalisable avec un isolateur optique placé au niveau du port de sortie de la source optique. L'élargissement spectral à la base du spectre laser doit être le plus faible possible pour les sources laser;

 - *source optique de longueur d'onde accordable*. Cette source optique doit pouvoir générer une lumière de 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 un signal continu (non pulsé) avec une largeur spectrale à mi-hauteur (FWHM) inférieure à 1 nm ($\pm$). Un ECL ou une DEL, par exemple, avec un filtre optique passe-bande étroit, peut être utilisé(e). Le taux de suppression des modes latéraux pour l'ECL doit être supérieur à 30 dB ($\pm$). La variation de la puissance de sortie doit être inférieure à 0,05 dB, ce qui peut être plus facilement réalisable avec un isolateur optique placé au niveau du port de sortie de la source optique. L'élargissement spectral à la base du spectre laser doit être le plus faible possible pour l'ECL;
- b) *wattmètre optique*. Il doit avoir une précision de mesure meilleure que $\pm 0,2$ dB, sans tenir compte de l'état de polarisation dans la largeur de bande de longueur d'onde opérationnelle de l'AO. La puissance d'entrée optique maximale doit être suffisamment élevée [par exemple, +20 dBm ($\pm$)]. La sensibilité doit être suffisamment élevée [par exemple, -40 dBm ($\pm$)]. Une plage dynamique dépassant le gain mesuré est nécessaire (par exemple 40 dB);
- c) *isolateur optique*. Des isolateurs optiques peuvent être utilisés en entrée et en sortie de l'AO. La variation des pertes dépendantes de la polarisation (PDL) de l'isolateur doit être inférieure à 0,2 dB ($\pm$). L'isolation optique doit être supérieure à 40 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port;
- d) *atténuateur optique variable*. La gamme d'atténuation et la stabilité doivent se situer, respectivement, au-dessus de 40 dB ($\pm$) et en dessous de $\pm 0,1$ dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port;
- e) *contrôleur de polarisation*. Ce dispositif doit être capable de fournir un signal lumineux d'entrée à tous les états de polarisation possibles (par exemple les états linéaire, elliptique et circulaire). Par exemple, le contrôleur de polarisation peut consister soit en un polariseur linéaire suivi d'un contrôleur de polarisation pour tout type de fibre, soit en un polariseur linéaire suivi d'une lame quart d'onde orientable à 90° au minimum et d'une lame demi-onde orientable à 180° au minimum. La variation des pertes du contrôleur de polarisation doit être inférieure à 0,2 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port. L'utilisation d'un contrôleur de polarisation est considérée comme optionnelle, sauf pour la mesure du gain en fonction de la polarisation, mais peut être nécessaire pour obtenir la précision souhaitée pour les dispositifs d'AO présentant un gain dépendant de la polarisation significatif;

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

- a) *optical source*: The optical source shall be either at fixed wavelength or wavelength-tunable.
 - *fixed-wavelength optical source*: this optical source shall generate a light with a wavelength and optical power specified in the relevant detail specification. Unless otherwise specified, the optical source shall emit a continuous wave with the full width at half maximum of the spectrum narrower than 1 nm ($\pm$). A distributed feedback (DFB) laser, a distributed Bragg reflector (DBR) laser, an external cavity laser (ECL) diode, a light emitting diode (LED) with a narrow-band filter and a single line laser are applicable, for example.

The suppression ratio for the side modes for the DFB laser, the DBR laser or the ECL 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. Spectral broadening at the foot of the lasing spectrum shall be minimal for laser sources;

 - *wavelength-tunable optical source*: This optical source shall be able to generate a 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 a continuous wave with the Full Width at Half Maximum (FWHM) of the spectrum narrower than 1 nm ($\pm$). An ECL or an LED with a narrow bandpass optical filter is applicable, for example. The suppression ratio of side modes for the ECL shall be higher than 30 dB ($\pm$). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB, which may be better attainable with an optical isolator at the output port of the optical source. Spectral broadening at the foot of the lasing spectrum shall be minimal for the ECL;
- b) *optical power meter*: it shall have a measurement accuracy better than $\pm 0,2$ dB, irrespective of the state of polarization, within the operational wavelength bandwidth of the OA. A maximum optical input power shall be large enough [e.g. +20 dBm ($\pm$)]. Sensitivity shall be high enough [e.g. -40 dBm ($\pm$)]. A dynamic range exceeding the measured gain is required (e.g. 40 dB);
- c) *optical isolator*: Optical isolators may be used to bracket the OA. The polarization-dependent loss (PDL) of the isolator shall be better than 0,2 dB ($\pm$). Optical isolation shall be better than 40 dB ($\pm$). The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$) at each port;
- d) *variable optical attenuator*: The attenuation range and stability shall be over 40 dB ($\pm$) and better than $\pm 0,1$ dB ($\pm$), respectively. The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$) at each port;
- e) *polarization controller*: this device shall be able to provide as input signal light all possible states of polarization (e.g. linear, elliptical and circular). For example, the polarization controller may consist of a linear polarizer followed by an all-fibre-type polarization controller, or by a linear polarizer followed by a quarter-wave plate rotatable by minimum of 90° and a half wave plate rotatable by minimum of 180° . The loss variation of the polarization controller shall be less than 0,2 dB ($\pm$). The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$) at each port. The use of a polarization controller is considered optional, except for the measurement of polarization dependent gain, but may be necessary to achieve the desired accuracy for OA devices exhibiting significant polarization dependent gain;

- f) *connexions temporaires en fibre optique*. Il convient que le diamètre du champ de mode des connexions temporaires en fibre optique utilisées soit aussi proche que possible de celui des fibres servant de ports d'entrée et de sortie de l'AO. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port, et la longueur de la connexion temporaire doit être inférieure à 2 m;
 - g) *connecteurs optiques*. La répétabilité des pertes de connexion doit être meilleure que $\pm 0,2$ dB. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$);
 - h) *filtre passe-bande optique*. La largeur de bande optique (FWHM) de ce dispositif doit être inférieure à 3 nm ($\pm$). Le dispositif doit être soit accordable en longueur d'onde, soit être constitué d'un ensemble approprié de filtres passe-bande fixes. Au cours de la mesure, la différence entre la longueur d'onde centrale de cette largeur de bande et la longueur d'onde centrale de la source optique ne doit pas être supérieure à 1,5 nm ($\pm$). La perte dépendant de la polarisation du filtre passe-bande doit être inférieure à 0,2 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$);
- NOTE L'optimisation de la largeur spectrale du filtre passe-bande optique est exposée à l'Annexe A.
- i) *coupleur optique*. La dépendance en polarisation du taux de couplage du coupleur doit être minimale. Un changement de l'état de polarisation de la lumière d'entrée doit avoir un impact négligeable. Tout port non connecté du coupleur doit être raccordé correctement, de façon à diminuer la réflectance en dessous de -40 dB ($\pm$).
 - j) *mesureur de longueur d'onde*. Il doit avoir une précision de mesure de la longueur d'onde supérieure à 0,1 nm ($\pm$). Si la source optique est étalonnée de telle sorte que la précision de la longueur d'onde est supérieure à 0,1 nm ($\pm$), le mesureur de longueur d'onde n'est pas nécessaire.

5 Echantillon d'essai

L'AO doit fonctionner aux conditions de fonctionnement nominales. Si l'AO est susceptible de provoquer des oscillations laser dues à des réflexions non désirées, il est recommandé d'utiliser des isolateurs optiques en entrée et en sortie de l'AO en essai. Cela permettra de réduire l'instabilité du signal et l'inexactitude des mesures.

Pour les mesures des paramètres a) à l) de l'Article 1 sauf e), des précautions doivent être prises pour maintenir l'état de polarisation de la lumière d'entrée pendant la mesure. Des changements de l'état de polarisation de la lumière d'entrée peuvent entraîner des variations de la puissance optique d'entrée du fait de la légère dépendance en polarisation de tous les composants optiques utilisés, conduisant à des erreurs de mesure.

6 Mode opératoire

La procédure de mesure est décrite ci-dessous.

- a) *Puissance nominale du signal de sortie*. La puissance nominale du signal de sortie est donnée par la puissance optique minimale du signal de sortie, pour une puissance optique du signal d'entrée spécifiée dans la spécification particulière applicable, et dans des conditions de fonctionnement nominales, données dans la spécification particulière applicable. Pour trouver cette valeur minimale, les niveaux de puissance du signal d'entrée et du signal de sortie doivent être contrôlés continuellement pendant une durée donnée et en présence de changements de l'état de polarisation et d'autres instabilités, comme spécifié dans la spécification particulière applicable. Les procédures de mesure décrites ci-dessous doivent être suivies, avec référence à la Figure 1.

Afin de minimiser la contribution en puissance de l'émission spontanée amplifiée (ESA) à la puissance du signal de sortie de l'AO, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. La méthode du filtre passe-bande optique est donnée ci-dessous.

- 1) Régler la source optique à la longueur d'onde d'essai spécifiée dans la spécification particulière applicable, en mesurant la longueur d'onde du signal d'entrée (par exemple avec un mesureur de longueur d'onde).

- f) *optical fibre jumpers*: the mode field diameter of the optical fibre jumpers used should 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 -40 dB ($\pm$) at each port, and the length of the jumper shall be shorter than 2 m;
- g) *optical connectors*: the connection loss repeatability shall be better than $\pm 0,2$ dB. The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$);
- h) *optical bandpass filter*: the optical bandwidth (FWHM) of this device shall be less than 3 nm ($\pm$). It shall be either wavelength-tunable or an appropriate set of fixed bandpass filters. During measurement, the difference between the centre wavelength of this bandwidth and the optical source centre wavelength shall be no more than 1,5 nm ($\pm$). The PDL of the bandpass filter shall be less than 0,2 dB ($\pm$). The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$);

NOTE Optimization of optical band pass filter spectral width is discussed in Annex A

- i) *optical coupler*: the polarization dependence of the branching ratio of the coupler shall be minimal. Change of the state of polarization of the input light shall be negligible. Any unconnected port of the coupler shall be properly terminated, in such a way as to decrease the reflectance below -40 dB ($\pm$).
- j) *wavelength meter*: It shall have a wavelength measurement accuracy better than 0,1 nm ($\pm$). If the optical source is so calibrated that the accuracy of the wavelength is better than 0,1 nm($\pm$), the wavelength meter is not necessary

5 Test sample

The OA 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.

For measurements of parameters a) to l) of Clause 1 except e), 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 optical components used, this leading to measurement errors.

6 Procedure

The measurement procedure is as follows.

- a) *Nominal output signal power*: the nominal output signal power is given by the minimum output signal optical power, for an input signal optical power specified in the relevant detail specifications, and under nominal operating conditions, given in the relevant detail specification. To find this minimum value, input and output signal power levels shall be continuously monitored for a given duration of time and in presence of changes in the state of polarization and other instabilities, as specified in the relevant detail specification. The measurement procedures described below shall be followed, with reference to Figure 1.

In order to minimize the amplified spontaneous emission (ASE) power contribution to the signal power output from the OA, several methods may be used. The optical bandpass filter method is given below:

- 1) Set the optical source at the test wavelength specified in the relevant detail specification, measuring the input signal wavelength (e.g. with a wavelength meter).

- 2) Mesurer le taux de couplage du coupleur optique à travers les niveaux de puissance du signal sortant des deux ports de sortie avec un wattmètre optique.
- 3) Mesurer la perte L_{bj} du filtre passe-bande optique et des connexions temporaires en fibre optique entre l'AO et le wattmètre optique (voir la Figure 1b) par la technique des pertes d'insertion (voir la Méthode B de la CEI 60793-1-40).
- 4) Activer l'AO en essai et évaluer le niveau de puissance de l'ESA ayant traversé le filtre optique, P_{ESA} , en mesurant la puissance de sortie optique provenant de l'AO, comme représenté à la Figure 1c, sans signal d'entrée.

NOTE 1 Dans des conditions de grand signal, la mesure de la puissance de l'ESA pourrait être omise.

NOTE 2 Pour des considérations concernant la précision de la mesure, faire référence au dernier alinéa de l'Annexe A, qui traite de l'optimisation de la largeur spectrale du filtre optique passe-bande.

- 5) Régler la source optique et l'affaiblisseur optique variable, de manière à obtenir, au port d'entrée de l'AO, la puissance d'entrée du signal optique P_{in} spécifiée dans la spécification particulière applicable. Enregistrer la puissance optique, P_o , mesurée avec un wattmètre optique à l'autre (deuxième) port de sortie du coupleur optique, comme représenté à la Figure 1a.

NOTE Le fait de placer le signal lumineux dans l'AO actif peut entraîner la génération de surcharge optique pouvant endommager les composants optiques. Il convient que le signal d'entrée ait une faible puissance, suffisamment pour empêcher la surcharge optique, lorsqu'il est envoyé dans l'AO au début. De même, il convient que la puissance d'entrée soit augmentée graduellement jusqu'à un certain niveau.

- 6) Maintenir la puissance du signal optique constante au niveau de l'entrée de l'AO (P_{in}) au cours des mesures suivantes, en contrôlant le deuxième port de sortie du coupleur et, si nécessaire, en réglant l'affaiblisseur optique variable de telle sorte que la puissance optique (P_o) sortant du deuxième port de sortie du coupleur optique reste constante.
- 7) Connecter les connexions temporaires en fibre optique au port d'entrée et de sortie de l'AO en essai, comme représenté à la Figure 1c.
- 8) Régler le contrôleur de polarisation à un état donné de polarisation, comme spécifié dans la spécification particulière applicable; activer l'AO, et contrôler, au moyen du wattmètre optique, la puissance du signal optique à la sortie de l'AO, pour la durée spécifiée, en enregistrant la valeur minimale.
- 9) Modifier l'état de polarisation du signal d'entrée au moyen du contrôleur de polarisation, en essayant de mesurer les puissances de sortie maximale et minimale du signal optique avec le wattmètre optique, et répéter l'étape 8).
- 10) Répéter l'étape 9) pour les différents états de polarisation indiqués dans la spécification particulière applicable, et noter les puissances de sortie minimale et maximale absolues du signal optique enregistrées dans les différentes conditions: $P_{out-min}$ et $P_{out-max}$.

NOTE 1 Il convient que les connecteurs optiques J1 et J2 ne soient pas démontés pendant la mesure, afin d'éviter les erreurs de mesure dues aux reconnections.

NOTE 2 Il est nécessaire de réduire l'erreur de mesure en éliminant l'effet de l'ESA simultanément détecté avec le signal. Il est plus simple de réaliser cela en plaçant un filtre passe-bande optique ayant la bande passante la plus étroite à la sortie de l'AO en essai, comme exposé dans le texte principal. Pour des niveaux importants de puissance optique du signal, le filtre passe-bande optique peut ne pas être nécessaire pour obtenir une mesure précise. L'utilisation du filtre passe-bande optique est importante, en particulier lorsque le signal d'entrée vers l'AO est petit. Ceci s'explique par le fait que la puissance de l'ESA augmente lorsque le signal d'entrée diminue. Cependant, si ce type de filtre optique est déjà intégré dans l'AO, le filtre optique externe n'est pas nécessaire. L'efficacité du filtre passe-bande optique est exposée davantage à l'Annexe A.

- b) *Gain*. Comme en a), mais cette méthode permet la détermination du gain par les mesures de la puissance du signal d'entrée de l'AO, P_{in} , de la puissance de sortie de l'AO, $P_{out-min}$, en prenant en compte la puissance de l'émission spontanée amplifiée (ESA) de l'AO, P_{ESA} , à la longueur d'onde du signal.
- c) *Gain inverse*. Comme en b), mais avec l'AO fonctionnant avec le port d'entrée utilisé comme port de sortie et vice versa.

- 2) Measure the branching ratio of the optical coupler through the signal power levels exiting the two output ports with an optical power meter.
- 3) Measure the loss L_{bj} of the optical bandpass filter and the optical fibre jumper between the OA and the optical power meter (see Figure 1b) by the insertion loss technique (see Method B in IEC 60793-1-40).
- 4) Activate the OA under test and evaluate the ASE power level passed through the optical filter, P_{ASE} , by measuring the optical output power from the OA, as shown in Figure 1c, without input signal.

NOTE 1 In large-signal conditions, the measurement of the ASE power could be omitted.

NOTE 2 For consideration of measurement accuracy, refer to the last paragraph of Annex A, which concerns the optimization of the optical band pass filter spectral width.

- 5) Set the optical source and the variable optical attenuator in such a way as to provide, at the input port of the OA, the input optical signal power P_{in} specified in the relevant detail specification. Record the optical power, P_o , measured with an optical power meter at the other (second) output port of the optical coupler, as shown in Figure 1a.

NOTE Putting signal light into the active OA can cause the generation of optical surge which may damage the optical components. Input signal must have small power enough to prevent the optical surge, when it is launched to the OA in the beginning. And the input power should be gradually increased to a certain level.

- 6) Keep the optical signal power at the OA input constant (P_{in}) during the following measurements, by monitoring the second output port of the coupler and, if necessary, setting the variable optical attenuator in such a way that the optical power (P_o) exiting the second output port of the optical coupler remains constant.
- 7) Connect the fibre jumpers to the input and output port of the OA under test, as shown in Figure 1c.
- 8) Set the polarization controller at a given state of polarization as specified in the relevant detail specification, activate the OA, and monitor, by means of the optical power meter, the optical signal power at the output of the OA, for the specified period of time, recording the minimum value.
- 9) Change the state of polarization of the input signal by means of the polarization controller, trying to measure maximum and minimum output optical signal powers with the optical power meter, and repeat procedure 8).
- 10) Repeat procedure 9) for the different states of polarization indicated in the relevant detail specification, and finally take the absolute minimum and maximum output optical signal powers recorded in the various conditions: $P_{out-min}$ and $P_{out-max}$.

NOTE 1 Optical connectors J1 and J2 should not be removed during the measurement to avoid measurement errors due to reconnection.

NOTE 2 The measurement error shall be reduced by eliminating the effect of the ASE simultaneously detected with the signal. This is better attainable by placing an optical bandpass filter having the narrower passband at the output of the OA under test, as it has been discussed in the main text. For large optical signal power levels, the optical bandpass filter may not be necessary to achieve an accurate measurement. The use of the optical bandpass filter is important, especially when the input signal to the OA is small. This is because the ASE power increases as the input signal decreases. However, if this kind of optical filter is already built in the OA, the external optical filter is not needed. The effectiveness of the optical band pass filter is further discussed in Annex A.

- b) *Gain*: As in a), but this method permits determination of the gain through the measurements of the OA input signal power, P_{in} , the OA output power, $P_{out-min}$, taking into account the OA amplified spontaneous emission (ASE) power, P_{ASE} at the signal wavelength.
- c) *Reverse gain*: As in b), but with the OA operating with the input port used as output port and vice-versa.

- d) *Gain maximal*. Comme en b), mais utiliser une source optique de longueur d'onde accordable, répéter toutes les étapes à différentes longueurs d'ondes de manière à couvrir toute la gamme de longueurs d'ondes indiquée dans la spécification particulière applicable, et remplacer l'étape 1) par la suivante:

- 1) Régler la source optique de longueur d'onde accordable à une longueur d'onde d'essai comprise dans la gamme de longueurs d'ondes spécifiée, en mesurant la longueur d'onde du signal d'entrée (par exemple avec un mesureur de longueur d'onde).

NOTE 1 Sauf spécification contraire, il convient que la longueur d'onde soit modifiée par pas inférieurs à 1 nm ($\pm$), autour de la longueur d'onde à laquelle le profil du spectre d'ESA atteint sa valeur maximale, observée sans le signal d'entrée (par exemple avec un analyseur de spectre optique ou un monochromateur).

NOTE 2 Une précision de la mesure de la longueur d'onde de $\pm 0,01$ nm, dans la gamme de longueurs d'ondes de fonctionnement de l'AO, peut être obtenue avec des mesureurs de longueur d'onde disponibles dans le commerce, basés sur des techniques de comptage de franges d'interférence. Certains appareils avec diode à cavité laser externe accordable fournissent une précision de la mesure de la longueur d'onde de $\pm 0,2$ nm.

- e) *Longueur d'onde du gain maximal*. Comme en d).
- f) *Variation maximale du gain en fonction de la température*. A l'étude.
- g) *Bande de longueur d'onde du gain*. Comme en d).
- h) *Variation du gain*. Comme en d).
- i) *Stabilité du gain*. A l'étude.
- j) *Gain en fonction de la polarisation*. Comme en a), mais ce paramètre est déterminé par les mesures de la puissance du signal d'entrée de l'AO, P_{in} , de la puissance de sortie de l'AO, $P_{out-min}$ et $P_{out-max}$, en tenant compte de la puissance d'émission spontanée amplifiée (ESA) de l'AO, P_{ESA} , à la longueur d'onde du signal, en répétant toutes les étapes à différents états de polarisation, comme spécifié dans la spécification particulière applicable, et en ajoutant les notes suivantes sous l'étape 10) de a).

NOTE 1 Il convient que l'état de polarisation du signal d'entrée soit modifié après chaque mesure de P_{in} , P_{out} et P_{ESA} à l'aide du contrôleur de polarisation, de telle sorte qu'en principe, tous les états de polarisation soient successivement envoyés dans le port d'entrée de l'AO en essai.

NOTE 2 Il convient que le contrôleur de polarisation soit mis en fonctionnement comme spécifié dans les spécifications particulières applicables. Une possibilité, en utilisant un polariseur linéaire suivi d'une lame quart d'onde tournante, est la suivante: le polariseur linéaire est ajusté de telle sorte que la puissance de sortie de l'AO soit maximale; la lame quart d'onde est ensuite tournée d'un minimum de 90° pas à pas. A chaque pas, la lame demi-onde est tournée d'un minimum de 180° , pas à pas.

NOTE 3 Il convient qu'une courte connexion temporaire optique à l'entrée de l'AO, maintenue aussi droite que possible, soit utilisée afin de minimiser les changements d'état de polarisation induits dans la fibre par d'éventuelles contraintes et anisotropies.

NOTE 4 Il convient que la perte dépendant de la polarisation du connecteur optique soit inférieure à 0,2 dB ($\pm$).

- k) *Stabilité du signal de sortie*. A l'étude.
- l) *Puissance de sortie en saturation*. A l'étude.
- m) *Puissance maximale du signal d'entrée*. A l'étude.
- n) *Puissance maximale du signal de sortie*. A l'étude.
- o) *Intervalle de puissance d'entrée*. A l'étude.
- p) *Intervalle de puissance de sortie*. A l'étude.
- q) *Puissance totale de sortie maximale*. A l'étude.

7 Calculs

Les différents calculs sont détaillés ci-dessous.

- a) *Puissance nominale du signal de sortie*. La puissance de sortie nominale du signal, P (en dBm) doit être calculée de la façon suivante:

$$P = 10 \log (P_{out-min} - P_{ESA}) + L_{bj} \quad (\text{dBm})$$

d) *Maximum gain*: As in b), but use a wavelength-tunable optical source, repeat all procedures at different wavelengths in a way to cover the wavelength range specified in the relevant detail specification, and replace procedure 1) with the following:

- 1) Set the wavelength-tunable optical source at a test wavelength within the specified wavelength range, measuring the input signal wavelength (e.g. with a wavelength meter).

NOTE 1 Unless otherwise specified, the wavelength should be changed by steps smaller than 1 nm (±) around the wavelength where the ASE spectral profile, observed (e.g. with an optical spectrum analyzer or a monochromator) without the input signal, takes its maximum value.

NOTE 2 A wavelength measurement accuracy of ±0,01 nm, within the operating wavelength range of OA, is attainable with commercially available wavelength meters based on interference-fringes counting techniques. Some tunable external-cavity laser-diode instruments provide a wavelength measurement accuracy of ±0,2 nm.

e) *Maximum gain wavelength*: As in d).

f) *Maximum gain variation with temperature*: Under consideration.

g) *Gain wavelength band*: As in d).

h) *Gain variation*: As in d).

i) *Gain stability*: Under consideration.

j) *Polarization-dependent gain*: As in a), but this parameter is determined through the measurements of the OA input signal power, P_{in} , the OA output power, $P_{out-min}$ and $P_{out-max}$, taking into account the OA amplified spontaneous emission (ASE) power, P_{ASE} at the signal wavelength, by repeating all procedures at different states of polarization as specified in the relevant detail specification, and adding the following notes under procedure 10) of a):

NOTE 1 The state of polarization of the input signal should be changed after each measurement of P_{in} , P_{out} and P_{ASE} by means of the polarization controller, so that substantially all the states of polarization, in principle, are successively launched into the input port of the OA under test.

NOTE 2 The polarization controller should be operated as specified in the relevant detail specifications. A possible way, when using a linear polarizer followed by a quarter-wave rotatable plate, is the following: the linear polarizer is adjusted so that the OA output power is maximized; the quarter-wave plate is then rotated by a minimum of 90° step-by-step. At each step, the half-wave plate is rotated by a minimum of 180° step-by-step.

NOTE 3 A short optical jumper at the OA input, kept as straight as possible, should be used, in order to minimize the change of the state of polarization induced in it by possible stress and anisotropy.

NOTE 4 The polarization-dependent loss of the optical connector should be less than 0,2 dB (±).

k) *Large-signal output stability*: under consideration.

l) *Saturation output power*: under consideration.

m) *Maximum input signal power*: under consideration.

n) *Maximum output signal power*: under consideration.

o) *Input power range*: under consideration.

p) *Output power range*: under consideration.

q) *Maximum total output power*: under consideration.

7 Calculation

Calculation is carried out as follows.

a) *Nominal output signal power*: The nominal output signal power P (in dBm) shall be calculated as:

$$P = 10 \log (P_{out-min} - P_{ASE}) + L_{bj} \quad (\text{dBm})$$

où

$P_{\text{out-min}}$ est la valeur minimale absolue enregistrée de la puissance de sortie du signal optique (en mW);

P_{ESA} est la valeur absolue enregistrée de la puissance de l'ESA de sortie à travers le filtre passe-bande optique (en mW);

L_{bj} est la perte d'insertion du filtre passe-bande optique et de la connexion temporaire en fibre optique placée entre l'AO et le wattmètre optique (en dB).

NOTE 1 Si le filtre passe-bande optique est déjà intégré dans l'AO, le filtre optique externe n'est pas nécessaire. Dans ce cas, la perte d'insertion L_{bj} est égale à celle de la connexion temporaire en fibre optique.

NOTE 2 Une comparaison des valeurs mesurées obtenues avec l'ASO, avec les valeurs calculées avec le wattmètre optique utilisant différents filtres passe-bande, est citée en Annexe A.

- b) **Gain.** Le gain G à la longueur d'onde du signal doit être calculé comme suit:

$$G = (P_{\text{out-min}} - P_{\text{ESA}})/P_{\text{in}} \quad (\text{unités linéaires})$$

ou:

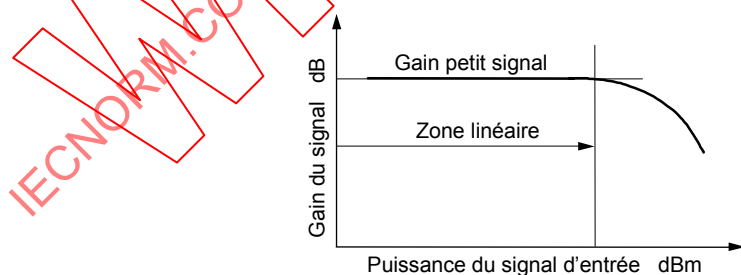
$$G = 10 \log [(P_{\text{out-min}} - P_{\text{ESA}})/P_{\text{in}}] \quad (\text{dB})$$

NOTE 1 Si la FWHM du filtre est très étroite, de telle sorte que la P_{ESA} détectée soit suffisamment faible, P_{ESA} pourrait être négligée dans le calcul donné ci-dessus. Dans le régime grand signal, si P_{out} est suffisamment supérieure à P_{ESA} , P_{ESA} pourrait être négligeable par rapport à P_{out} . Une comparaison des valeurs mesurées obtenues avec l'ASO, avec les valeurs calculées avec le wattmètre optique utilisant différents filtres passe-bande, est citée en Annexe A.

NOTE 2 Le régime petit signal se produit lorsque l'AO en essai fonctionne en régime linéaire, tandis que le régime grand signal est en régime saturé. La distinction entre les régimes petit signal et grand signal peut être confirmée par le tracé de la courbe G en fonction de la puissance du signal d'entrée. Pour obtenir le régime linéaire, il est nécessaire que la puissance moyennée dans le temps du signal d'entrée soit dans une plage où le gain en est indépendant (voir Figure 2). (Un réglage de la puissance du signal d'entrée entre -30 dBm et -40 dBm convient en général. En régime saturé, la puissance du signal est suffisamment importante pour bien supprimer l'ESA).

NOTE 3 L'erreur de mesure peut être supérieure à $\pm 0,2$ dB ($\pm$), et dépend surtout de la précision du wattmètre optique.

- c) **Gain inverse.** Comme en b).
d) **Gain maximal.** Calculer les valeurs de gain aux différentes longueurs d'ondes, comme en b). Le gain maximal doit être donné par la plus élevée de ces valeurs de gain.



IEC 1615/05

Figure 2 – Variation type du gain en fonction de la puissance du signal d'entrée

- e) **Longueur d'onde du gain maximal.** Calculer le gain maximal, comme en d). La longueur d'onde du gain maximal doit être la longueur d'onde à laquelle le gain maximal se produit.
f) **Variation maximale du gain en fonction de la température.** A l'étude.

where

$P_{\text{out-min}}$ is the recorded absolute minimum value of output optical signal power (in mW);

P_{ASE} is the recorded absolute value of output ASE power through the optical bandpass filter (in mW);

L_{bj} is the insertion loss of the optical bandpass filter and fibre jumper placed between the OA and the optical power meter (in dB).

NOTE 1 If optical bandpass filter is already built in the OA, the external optical filter is not needed. In this case, the insertion loss L_{bj} is equal to that of the fibre jumper.

NOTE 2 A comparison of the measured values obtained with OSA, with the calculated values with optical power meter using various band pass filters, is referred to in Annex A.

- b) **Gain:** The gain G at the signal wavelength shall be calculated as:

$$G = (P_{\text{out-min}} - P_{\text{ASE}})/P_{\text{in}} \quad (\text{linear units})$$

or as:

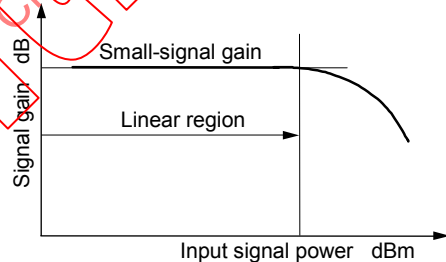
$$G = 10 \log [(P_{\text{out-min}} - P_{\text{ASE}})/P_{\text{in}}] \quad (\text{dB})$$

NOTE 1 If the FWHM of the filter is very narrow so that the detected P_{ASE} is sufficiently small, P_{ASE} could be omitted in the above calculation. In large-signal regime, if P_{out} is enough larger than P_{ASE} , P_{ASE} could be negligible with respect to P_{out} . A comparison of the measured values obtained with OSA, with the calculated values with optical power meter using various band pass filters, is referred to in Annex A.

NOTE 2 The small-signal regime is when the OA under test operates in the linear regime, while the large-signal regime is in the saturated regime. The distinction between small-signal and large-signal regimes can be confirmed by plotting G versus the input signal power. The linear regime demands the time-averaged input signal power to be in the range in which the gain is quite independent from it (see Figure 2). An input signal power ranging from –30 dBm to –40 dBm is generally well within this range. In the saturated regime, the signal power is large enough to well suppress the ASE.

NOTE 3 The measurement error can be better than $\pm 0,2$ dB ($\pm$), depending mainly on the accuracy of the optical power meter.

- c) **Reverse gain:** As in b).
 d) **Maximum gain:** Calculate the gain values at the different wavelengths, as in b). The maximum gain shall be given by the highest of all these gain values.



IEC 1615/05

Figure 2 – Typical behaviour of the gain as a function of the input signal power

- e) **Maximum gain wavelength:** Calculate the maximum gain as in d). The maximum gain wavelength shall be that wavelength at which the maximum gain occurs.
 f) **Maximum gain variation with temperature:** Under consideration:

- g) *Bande de longueur d'onde du gain.* Calculer le gain maximal, comme en d). Identifier les longueurs d'ondes auxquelles le gain est de N dB inférieur au gain maximal. La bande de longueur d'onde du gain doit être donnée par le ou les intervalles compris entre ces longueurs d'ondes, pour lesquelles le gain est compris entre la valeur de gain maximale et une valeur de N dB inférieure au gain maximal.

NOTE Une valeur de $N = 3$ est généralement appliquée.

- h) *Variation du gain.* Calculer le gain maximal, comme en d). Calculer le gain minimal comme étant la plus petite de ces valeurs de gain, dans la gamme de longueurs d'ondes de mesure spécifiée. La variation du gain doit être la différence entre les valeurs de gain maximal et minimal.
- i) *Stabilité du gain.* A l'étude.
- j) *Gain en fonction de la polarisation.* Calculer les valeurs de gain aux différents états de polarisation, comme en b). Identifier le gain maximal, $G_{\max}$, et le gain minimal, $G_{\min}$, comme étant la plus élevée et la plus faible de ces valeurs de gain, respectivement. Le gain dépendant de la polarisation ΔG_p doit être calculé de la façon suivante:

$$\Delta G_p = G_{\max} - G_{\min} \quad (\text{dB})$$

NOTE 1 $G_{\min}$ est défini de la même manière que G en b). $G_{\max}$ est défini comme G , dans lequel $P_{\text{out-min}}$ est remplacée par $P_{\text{out-max}}$.

NOTE 2 ΔG_p n'indique pas nécessairement la variation maximale possible de la dépendance en polarisation. Ceci s'explique par le fait que l'affaiblissement à travers l'AO en essai n'est maximal que lorsque chaque état de polarisation d'entrée conduit à l'affaiblissement maximal pour tous les composants de l'AO en essai simultanément.

NOTE 3 L'erreur de mesure peut être supérieure à $\pm 0,5$ dB ($\pm$), et dépend surtout de la dépendance en polarisation du wattmètre optique.

- k) *Stabilité du signal de sortie.* A l'étude.
- l) *Puissance de sortie en saturation.* A l'étude.
- m) *Puissance maximale du signal d'entrée.* A l'étude.
- n) *Puissance maximale du signal de sortie.* A l'étude.
- o) *Intervalle de puissance d'entrée.* A l'étude.
- p) *Intervalle de puissance de sortie.* A l'étude.
- q) *Puissance totale de sortie maximale.* A l'étude.

8 Résultats d'essai

Les résultats d'essai indiqués ci-dessous doivent être présentés.

- a) *Puissance de sortie nominale du signal:*

- 1) configuration du montage d'essai;
- 2) largeur de raie spectrale (FWHM) de la source optique;
- 3) indication de la puissance de pompe optique et éventuellement du courant de contrôle des lasers à pompe pour les AFO, et courant d'injection pour les SOA (si applicable);
- 4) température de fonctionnement (si nécessaire);
- 5) puissance optique du signal d'entrée, P_{in} ;
- 6) FWHM du filtre passe-bande optique;
- 7) longueur d'onde centrale du filtre passe-bande optique;
- 8) longueur d'onde de la mesure;
- 9) niveaux de puissance nominale du signal optique, P ;
- 10) changement de l'état de polarisation donné au signal lumineux d'entrée.

- g) *Gain wavelength band*: Calculate the maximum gain as in d). Identify those wavelengths at which the gain is N dB below the maximum gain. The gain wavelength band shall be given by the wavelength interval(s), comprised between those wavelengths, within which the gain is comprised between the maximum gain value and a value N dB below the maximum gain.

NOTE A value of $N = 3$ is typically applied.

- h) *Gain variation*: Calculate the maximum gain as in d). Calculate the minimum gain as the lowest of all these gain values over the specified measurement wavelength range. The gain variation shall be the difference between the maximum and the minimum gain values.
- i) *Gain stability*: Under consideration.
- j) *Polarization-dependent gain*: Calculate the gain values at the different states of polarization, as in b). Identify the maximum, $G_{\max}$, and the minimum, $G_{\min}$, gain as the highest and the lowest of all these gain values, respectively. The polarization-dependent gain ΔG_p shall be calculated as follows:

$$\Delta G_p = G_{\max} - G_{\min} \quad (\text{dB})$$

NOTE 1 $G_{\min}$ is defined as the same as G in b). $G_{\max}$ is defined as G in which $P_{\text{out-min}}$ is replaced by $P_{\text{out-max}}$.

NOTE 2 ΔG_p does not necessarily indicate the possible maximum variation of the polarization dependency. This is because the attenuation through the OA under test is maximum only when each input state of polarization simultaneously yields maximum attenuation for each component in the OA under test.

NOTE 3 The measurement error can be better than $\pm 0,5$ dB ($\pm$), depending mainly on the optical power meter polarization dependency.

- k) *Large-signal output stability*: under consideration.
- l) *Saturation output power*: under consideration.
- m) *Maximum input signal power*: under consideration.
- n) *Maximum output signal power*: under consideration.
- o) *Input power range*: under consideration.
- p) *Output power range*: under consideration.
- q) *Maximum total output power*: under consideration.

8 Test results

The following test results shall be presented.

- a) Nominal optical signal power:

The following details shall be presented:

- 1) arrangement of the test set-up;
- 2) spectral linewidth (FWHM) of the optical source;
- 3) indication of the optical pump power and possibly driving current of pump lasers for OFAs, and injection current for SOAs (if applicable);
- 4) operating temperature (if required);
- 5) input signal optical power, P_{in} ;
- 6) FWHM of the optical bandpass filter;
- 7) central wavelength of the optical bandpass filter;
- 8) wavelength of the measurement;
- 9) Nominal optical signal power levels, P ;
- 10) change in the state of polarization given to the input signal light.

- b) *Gain*. Les détails 1) à 8), précédemment cités au point a) pour les niveaux de puissance nominale du signal optique, doivent être présentés et, en plus:

9) gain.

NOTE Les paramètres 5) et 9) peuvent être remplacés par la courbe du gain en fonction de la puissance d'entrée du signal optique.

- c) *Gain inverse*. Les détails 1) à 8), précédemment cités pour le gain, doivent être présentés et, en plus:

9) gain inverse.

NOTE Les paramètres 5) et 9) peuvent être remplacés par la courbe du gain inverse en fonction de la puissance d'entrée du signal optique.

- d) *Gain maximal*. Les détails 1) à 8), précédemment cités pour le gain, doivent être présentés et, en plus:

9) gamme de longueurs d'ondes de la mesure;

10) gain maximal.

NOTE Les paramètres 5) et 9) peuvent être remplacés par la courbe du gain maximal en fonction de la puissance d'entrée du signal optique.

- e) *Longueur d'onde du gain maximal*. Les détails 1) à 8), précédemment cités pour le gain, doivent être présentés et, en plus:

9) gamme de longueurs d'ondes de la mesure;

10) précision de la mesure de la longueur d'onde;

11) longueur d'onde du gain maximal.

NOTE Les paramètres 8) et 10) peuvent être remplacés par la courbe du gain en fonction de la longueur d'onde du signal d'entrée.

- f) *Variation maximale du gain en fonction de la température*. A l'étude.

- g) *Bande de longueur d'onde du gain*. Les détails 1) à 8), précédemment cités pour le gain, doivent être présentés et, en plus:

9) gamme de longueurs d'ondes de la mesure;

10) précision de la mesure de la longueur d'onde;

11) bande de longueur d'onde du gain;

12) la valeur de N choisie pour la détermination de la largeur de bande de longueur d'onde.

NOTE Les paramètres 9), 11) et 12) peuvent être remplacés par la courbe du gain en fonction de la longueur d'onde du signal d'entrée.

- h) *Variation du gain*. Les détails 1) à 8), précédemment cités pour le gain, doivent être présentés et, en plus:

9) la gamme de longueurs d'ondes de la mesure;

10) la précision de la mesure de la longueur d'onde de l'analyseur de spectre optique;

11) variation du gain.

NOTE Les paramètres 9) et 11) peuvent être remplacés par la courbe du gain en fonction de la longueur d'onde du signal d'entrée.

- i) *Stabilité du gain*. A l'étude.

- j) *Gain en fonction de la polarisation*. Les détails 1) à 8), précédemment cités pour le gain, doivent être présentés et, en plus:

9) dépendance en polarisation de la précision du wattmètre optique;

10) le gain maximal et minimal, $G_{\max}$ et $G_{\min}$;