

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61290-10-2**

Première édition  
First edition  
2003-01

---

---

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

**Partie 10-2:  
Paramètres à canaux multiples –  
Méthode d'impulsion utilisant un analyseur  
de spectre optique stroboscopique**

**Optical amplifiers –  
Test methods –**

**Part 10-2:  
Multichannel parameters –  
Pulse method using a gated optical  
spectrum analyzer**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61290-10-2:2003

## 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](http://www.iec.ch))
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/catlg-f.htm](http://www.iec.ch/catlg-f.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 ([www.iec.ch/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.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](mailto: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](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/catlg-e.htm](http://www.iec.ch/catlg-e.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 ([www.iec.ch/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.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](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61290-10-2**

Première édition  
First edition  
2003-01

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

**Partie 10-2:  
Paramètres à canaux multiples –  
Méthode d'impulsion utilisant un analyseur  
de spectre optique stroboscopique**

**Optical amplifiers –  
Test methods –**

**Part 10-2:  
Multichannel parameters –  
Pulse method using a gated optical  
spectrum analyzer**

© 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 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

**P**

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 Appareillage.....                                                                                                                    | 12 |
| 4 Echantillon d'essai .....                                                                                                            | 16 |
| 5 Procédure .....                                                                                                                      | 16 |
| 5.1 Etalonnage .....                                                                                                                   | 18 |
| 5.2 Mesure du bruit et du signal de sortie .....                                                                                       | 18 |
| 6 Calculs .....                                                                                                                        | 20 |
| 7 Résultats d'essai.....                                                                                                               | 22 |
| Annexe A (informative) Liste des symboles et des abréviations .....                                                                    | 24 |
| Annexe B (informative) Mesures de la fréquence de répétition d'impulsion .....                                                         | 26 |
| Bibliographie .....                                                                                                                    | 30 |
| Figure 1 – Appareillage d'essai pour la mesure du paramètre de facteurs de bruit<br>signal/émission spontanée – Disposition type ..... | 12 |
| Figure 2 – Deux dispositions du module de source d'impulsion optique .....                                                             | 14 |
| Figure 3 – Diagramme de temps .....                                                                                                    | 20 |
| Figure B.1 – Montage destiné à évaluer l'erreur de reprise de gain<br>par rapport à la rapidité de modulation .....                    | 26 |
| Figure B.2 – Erreur de reprise de gain par rapport à la fréquence de modulation<br>avec courant de pompe en tant que paramètre .....   | 26 |

## CONTENTS

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                                     | 5  |
| INTRODUCTION .....                                                                                                 | 9  |
| 1 Scope and object .....                                                                                           | 11 |
| 2 Normative references .....                                                                                       | 11 |
| 3 Apparatus .....                                                                                                  | 13 |
| 4 Test sample .....                                                                                                | 17 |
| 5 Procedure .....                                                                                                  | 17 |
| 5.1 Calibration .....                                                                                              | 19 |
| 5.2 Output signal and noise measurement .....                                                                      | 19 |
| 6 Calculations .....                                                                                               | 21 |
| 7 Test results .....                                                                                               | 23 |
| Annex A (informative) List of symbols and abbreviations .....                                                      | 25 |
| Annex B (informative) Pulse repetition frequency measurements .....                                                | 27 |
| Bibliography .....                                                                                                 | 31 |
| Figure 1 – Test apparatus for signal-spontaneous noise figure parameter measurement –<br>Typical arrangement ..... | 13 |
| Figure 2 – Two arrangements of the optical pulse source module .....                                               | 15 |
| Figure 3 – Timing diagram .....                                                                                    | 21 |
| Figure B.1 – Set-up to evaluate gain recovery error versus modulation rate .....                                   | 27 |
| Figure B.2 – Gain recovery error versus modulation frequency<br>with pump current as a parameter .....             | 27 |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

### Partie 10-2: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un analyseur de spectre optique stroboscopique

#### AVANT PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation de deux brevets.

Un brevet intéresse une technique pour la détermination du bruit d'émission spontané amplifié d'un amplificateur optique en présence d'un signal optique traité aux articles 3 et 5.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à 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, à des termes et 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 demandées à:

Agilent Technologies  
Palo Alto (CA)  
USA

L'autre brevet intéresse un système et un appareillage de mesure du bruit pour un amplificateur optique traités aux articles 3 et 5.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à 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, à des termes et 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 demandées à:

Fujitsu Limited  
Tokyo  
Japon

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document 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 l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OPTICAL AMPLIFIERS –  
TEST METHODS –****Part 10-2: Multichannel parameters –  
Pulse method using a gated optical spectrum analyzer**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of two patents.

One patent concerns a technique for determining the amplified spontaneous emission noise of an optical amplifier in the presence of an optical signal given in clause 3 and clause 5.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licenses under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with the IEC. Information may be obtained from:

Agilent Technologies  
Palo Alto (CA)  
USA

Another patent concerns a measurement system and noise measurement apparatus for an optical amplifier given in clause 3 and clause 5.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licenses under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with the IEC. Information may be obtained from:

Fujitsu Limited  
Tokyo  
Japan

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.

La Norme internationale CEI 61290-10-2 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 norme doit être lue conjointement avec la CEI 61291-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 86C/461/FDIS | 86C/484/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.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. 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 61290-10-2:2003

International Standard IEC 61290-10-2 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

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

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

|              |                  |
|--------------|------------------|
| FDIS         | Report on voting |
| 86C/461/FDIS | 86C/484/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.

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

Pour autant que l'on puisse en juger, la présente partie de la CEI 61290 est la première norme internationale qui traite de ce sujet. La technologie des amplificateurs à fibres optiques évolue toujours, de sorte que des amendements et de nouvelles éditions de cette norme sont à prévoir.

Chaque abréviation introduite dans cette norme est expliquée dans le texte, au moins lors de sa première apparition. Cependant, pour une meilleure compréhension de l'ensemble, une liste de toutes les abréviations utilisées se trouve dans l'annexe A.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-2:2003

Withdrawn

## INTRODUCTION

As far as can be determined, this part of IEC 61290 is the first international standard on this subject. The technology of optical fibre amplifiers is still evolving, hence amendments and new editions to this document should be expected.

Each abbreviation introduced in this 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 is given in annex A.

Withdrawing  
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-2:2003

## AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

### Partie 10-2: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un analyseur de spectre optique stroboscopique

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61290 s'applique aux amplificateurs à fibres optiques (AFO) utilisant des fibres actives, dopées aux terres rares, qui sont actuellement disponibles sur le marché.

L'objet de cette Norme internationale est d'établir des prescriptions uniformes en vue de mesures précises et fiables du facteur de bruit signal/émission spontanée défini en 3.1.18 de la CEI 61291-1.

La méthode d'essai détecte indépendamment la puissance du signal amplifiée et la puissance d'émission spontanée amplifiée (ESA) en lançant des impulsions optiques dans l'AFO en essai. Le niveau d'ESA est mesuré en mesurant de façon synchrone, la puissance sur un analyseur de spectre optique (ASO) pendant le temps de repos de l'impulsion optique. Le niveau du signal optique moyen est mesuré par un échantillonnage aléatoire dans l'ASO.

Une telle mesure est possible parce que la réponse en gain de l'AFO dopé aux terres rares est relativement lente, en particulier les AFO dopés à l'Erbium. Cependant, étant donné que les dynamiques de gain de l'AFO varient en fonction des types d'amplificateurs, des conditions de fonctionnement et des programmes de commande, il convient de prendre soigneusement en considération les dynamiques de gain lorsque l'on applique la présente méthode d'essai aux divers AFO. Il convient que le fabricant de l'AFO présente des données validant la fréquence de modulation nécessaire pour que l'erreur soit <1 dB. Les mesures pour l'obtention de ces informations sont décrites dans l'annexe B.

Deux variantes pour déterminer le facteur de bruit signal/émission spontanée sont spécifiées, c'est-à-dire la technique de commutation optique et la technique de l'ASO stroboscopique. La procédure décrite dans la présente norme est la technique de l'ASO stroboscopique. La technique de commutation optique est décrite dans la CEI 61290-10-1.

La méthode d'essai décrite est, en général, destinée à des applications à canaux multiples. Les applications à canal unique constituent un cas spécial d'applications à canaux multiples.

Les principes de mesure concernés par la présente norme sont couverts par le document, *Technique pour la détermination du bruit d'émission spontané amplifié d'un circuit optique en présence d'un signal*, qui a donné lieu au numéro de brevet US 5, 340, 979.

NOTE Toutes les valeurs numériques suivies de (±) sont des valeurs suggérées dont la mesure est assurée. D'autres valeurs peuvent être acceptables, mais il convient de les vérifier.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants référencés sont indispensables pour l'application de ce document. Pour des références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est la dernière édition du document référencé (y compris tous les amendements) qui s'applique.

## OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

### Part 10-2: Multichannel parameters – Pulse method using a gated optical spectrum analyzer

#### 1 Scope and object

This part of IEC 61290 applies to optical fibre amplifiers (OFA) using active fibres, containing rare-earth dopants, currently commercially available.

The object of this International Standard is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements of the signal-spontaneous noise figure as defined in 3.1.18 of IEC 61291-1.

The test method independently detects amplified signal power and amplified spontaneous emission (ASE) power by launching optical pulses into the OFA under test. The ASE level is measured by synchronously measuring the power on an optical spectrum analyzer (OSA) during the optical pulse off period. The average optical signal level is measured by random sampling in the OSA.

Such measurement is possible because the gain response of the rare-earth doped OFA is relatively slow, particularly in Er-doped OFA. However, since the OFA gain dynamics vary with amplifier types, operating conditions, and control schemes, the gain dynamics should be carefully considered when applying the present test method to various OFA. The manufacturer of the OFA should present data validating the required modulation frequency to limit the error to <1 dB. The measurements for obtaining this information are described in annex B.

Two alternatives for determining the signal-spontaneous noise figure are specified; namely, the optical switching technique and the gated-OSA technique. The procedure described in this standard is the gated-OSA technique. The optical switching technique is described in IEC 61290-10-1.

The test method described is, in general, for multichannel applications. Single-channel applications are a special case of multichannel applications.

The measurement principles involved in this standard are covered by the document *Technique for determining the amplified spontaneous emission noise of an optical circuit in the presence of an optical signal*, which has resulted in patent number US 5, 340, 979.

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

#### 2 Normative references

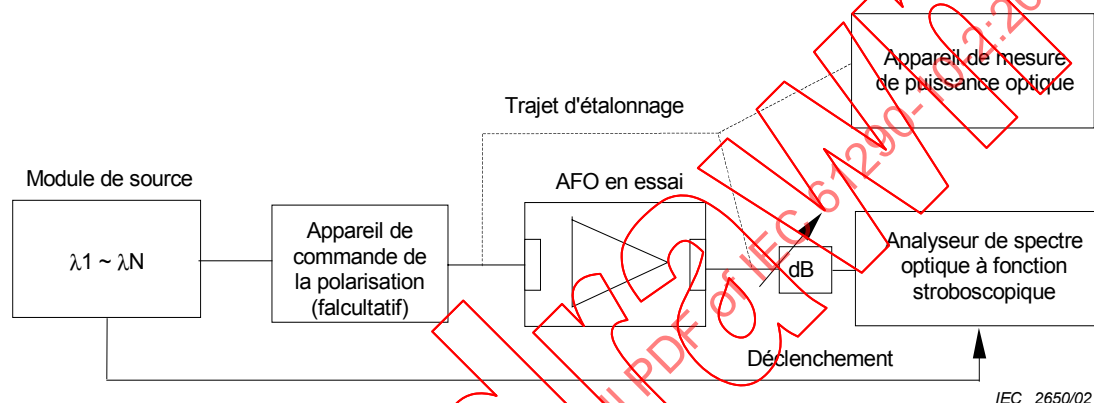
The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

CEI 61290-10-1, *Méthodes d'essais des amplificateurs à fibres optiques – Partie 10-1: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un commutateur optique et un analyseur de spectre optique*<sup>1)</sup>

CEI 61291-1:1998, *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

### 3 Appareillage

L'installation de mesure de base est illustrée à la figure 1. Un module de source fournit la lumière à impulsion à l'AFO en essai et un signal de synchronisation pour déclencher la fonction stroboscopique de l'ASO. L'affaiblisseur optique ajuste le niveau de puissance à l'entrée de l'ASO à une valeur dans la gamme de mesure de l'ASO.



**Figure 1 – Appareillage d'essai pour la mesure du paramètre de facteurs de bruit signal/émission spontanée – Disposition type**

- a) *Module de source*: deux dispositions du module de source sont possibles, comme l'illustre la figure 2. Le premier module de source (figure 2a) est constitué de sources optiques d'ondes entretenues (OE) à affaiblisseur(s) et commutateurs optiques externes. Le deuxième module de source (figure 2b) est constitué d'affaiblisseur(s) et de sources optiques à modulation directe. Tandis qu'un seul affaiblisseur est montré, pour la source de longueurs d'onde multiples, il sera habituellement nécessaire de régler indépendamment la puissance de canal de telle manière qu'un affaiblisseur soit nécessaire pour chaque canal.

Sauf spécification contraire, la pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) du spectre de sortie des deux modules de source doit être plus étroite que  $0,1 \text{ nm}(\pm)^2$  pour chaque canal de longueur d'onde de manière à ne causer aucune perturbation aux canaux adjacents. Dans le cas d'une source à canal unique, elle doit être plus étroite que  $1 \text{ nm}(\pm)$ . Des lasers à rétroaction répartie (RR), des lasers réflecteurs de Bragg répartis (RBR), et des diodes lasers à cavité externe (LCE), par exemple, sont applicables. Le taux de suppression des modes latéraux du laser RR, du laser RBR ou du LCE doit être supérieur à  $30 \text{ dB}(\pm)$ . La fluctuation de la puissance de sortie doit être inférieure à  $0,05 \text{ dB}(\pm)$ , qui est plus facilement accessible avec un isolateur optique placé au niveau de l'accès de sortie de chaque source.

<sup>1)</sup> A publier.

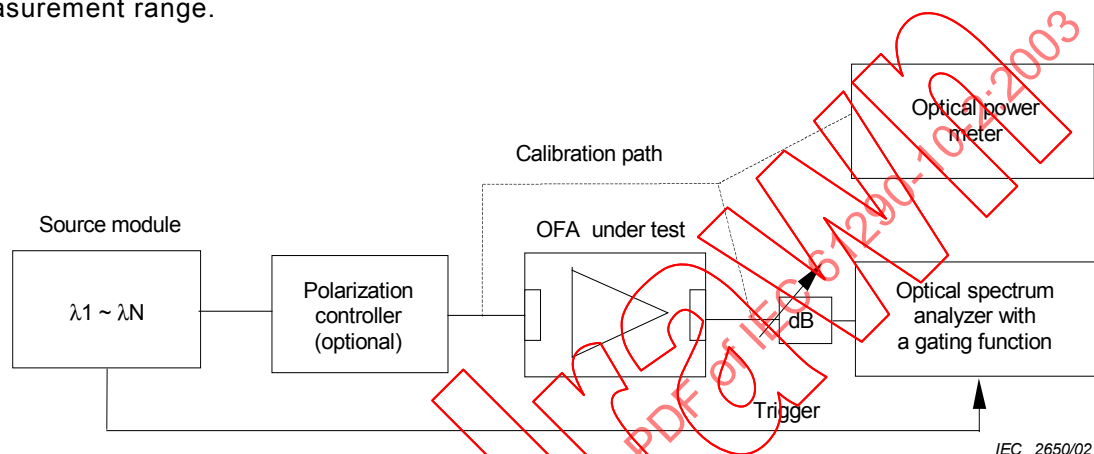
<sup>2)</sup> Voir note de l'article 1.

IEC 61290-10-1: *Optical fibre amplifier test methods – Part 10-1: Multichannel parameters – Pulse method using an optical switch and an optical spectrum analyzer*<sup>1)</sup>

IEC 61291-1:1998, *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*

### 3 Apparatus

The basic measurement set-up is shown in figure 1. A source module provides pulsed light to the OFA under test and a synchronization signal to trigger the OSA gating function. The optical attenuator adjusts the power level to the input of the OSA to a value within the OSA measurement range.



**Figure 1 – Test apparatus for signal-spontaneous noise figure parameter measurement – Typical arrangement**

- a) *Source module*: Two arrangements of the source module are possible, as shown in figure 2. The first source module (figure 2a) consists of continuous wave (CW) optical sources with an external optical switch and attenuator(s). The second source module (figure 2b) consists of directly modulated optical sources and attenuator(s). While only one attenuator is shown, for the multi-wavelength source it will usually be necessary to independently set channel power so that an attenuator is necessary for each channel.

Unless otherwise specified, the full-width half maximum (FWHM) of the output spectrum of both source modules shall be narrower than 0,1 nm(±)<sup>2)</sup> for each wavelength channel so as not to cause any interference to adjacent channels. In the case of a single-channel source, it shall be narrower than 1 nm(±). Distributed feed-back lasers (DFB), distributed Bragg reflector lasers (DBR) and external cavity laser diodes (ECL), for example, are applicable. The suppression ratio of the side modes of the DFB laser, the DBR laser or the ECL shall be higher than 30 dB(±). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB(±), which is more easily attainable with an optical isolator placed at the output port of each source.

<sup>1)</sup> To be published.

<sup>2)</sup> See note in clause 1.

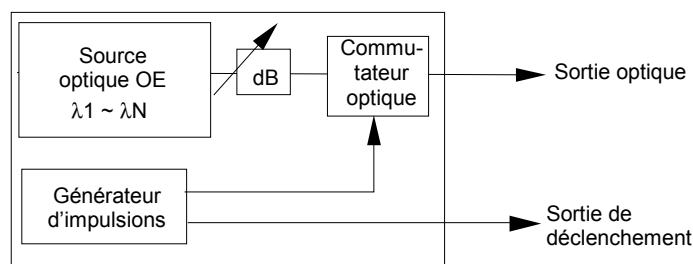


Figure 2a – Module de source à commutation optique

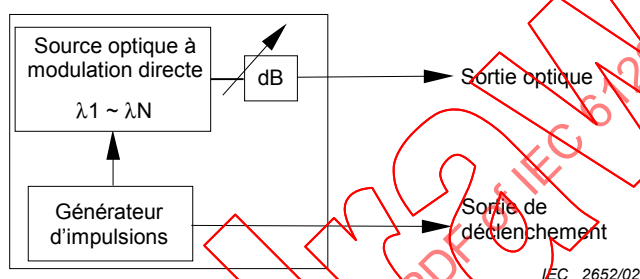


Figure 2b – Module de source à modulation directe

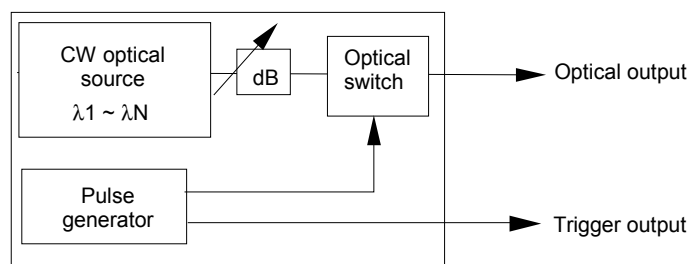
Figure 2 – Deux dispositions du module de source d'impulsion optique

Pour l'une et l'autre disposition du module de source, le rapport d'extinction doit être supérieur à 65 dB(±). Pour la source multiplexage à répartition en longueur d'onde (MRL) à modulation directe, il convient de veiller à assurer la synchronisation des cadences des lasers individuels. Le commutateur optique dans le dispositif de la figure 2a est généralement un dispositif acoustique-optique afin d'obtenir le rapport d'extinction nécessaire.

Le générateur d'impulsions combiné avec l'étage d'attaque du modulateur doit fournir des impulsions optiques avec la variation de fréquence de répétition comprise entre 25 kHz et 300 kHz et un cycle de fonctionnement de 50 %. Les temps de montée et de descente compris entre 10 % et 90 % doivent être inférieurs à 10 % de la largeur d'impulsion(±). La sortie de déclenchement doit coïncider avec le flanc de déblocage de l'impulsion optique avec une précision de ±1 µs(±).

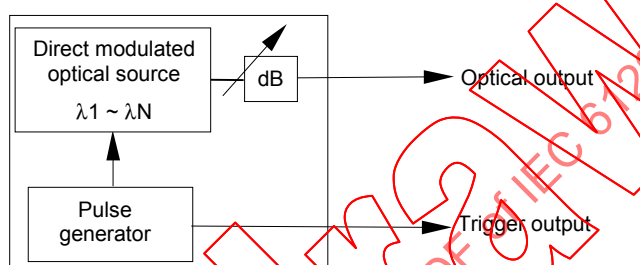
Si un affaiblisseur optique n'est pas intégré au module de source, il doit avoir une gamme d'affaiblissement supérieure à 40 dB(±) et une stabilité meilleure que ±0,1dB. La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que -40 dB (±) à chaque accès.

- b) *Affaiblisseur optique variable*: l'affaiblisseur optique variable face à l'ASO doit avoir une gamme d'affaiblissements et une stabilité meilleures que 20 dB(±) et ±0,1 dB respectivement.



IEC 2651/02

Figure 2a – Optically switched source module



IEC 2652/02

Figure 2b – Directly modulated source module

Figure 2 – Two arrangements of the optical pulse source module

For either arrangement of the source module, the extinction ratio shall be greater than 65 dB(±). For the directly modulated wavelength – division multiplexing (WDM) source, care should be taken to ensure timing synchronization of the individual lasers. The optical switch in the arrangement of figure 2a is typically an acousto-optic device in order to obtain the necessary extinction ratio.

The pulse generator in combination with the modulator driver shall provide optical pulses with the repetition frequency variable from 25 kHz to 300 kHz and a 50 % duty cycle. The 10 % to 90 % rise and fall times shall be less than 10 % of the pulse width(±). The trigger output shall be coincident with the optical pulse turn-on edge with a precision of ±1 μs(±).

If an optical attenuator is not built in to the source module, it shall have an attenuation range greater than 40 dB(±) and stability better than ±0,1dB. The reflectance from this device shall be smaller than –40 dB(±) at each port.

- b) *Variable optical attenuator:* The variable optical attenuator in front of the OSA shall have an attenuation range and stability better than 20 dB(±) and ±0,1 dB respectively.

- c) *Analyseur de spectre optique*: ce dispositif doit avoir une sensibilité de polarisation inférieure à  $\pm 0,05$  dB( $\pm$ ), une stabilité meilleure que  $\pm 0,1$  dB( $\pm$ ), une précision de longueur d'onde meilleure que  $\pm 0,5$  nm( $\pm$ ), et une reproductibilité de longueur d'onde meilleure que  $\pm 0,01$  nm( $\pm$ ). Il convient que la largeur de bande de résolution soit étalonnée à une précision meilleure que  $\pm 3$  %. Le dispositif doit avoir une gamme de mesures comprise au moins entre  $-75$  dBm et  $+10$  dBm( $\pm$ ) avec une largeur de bande de résolution meilleure que  $0,1$  nm( $\pm$ ). La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que  $-35$  dB( $\pm$ ) à son accès d'entrée. L'ASO doit avoir une capacité (stroboscopique) d'échantillonnage de données fondée sur un déclenchement externe avec délai réglable. La résolution de délai de déclenchement doit être de  $\leq 1$   $\mu$ s( $\pm$ ). L'ASO doit également avoir la capacité d'effectuer l'échantillonnage aléatoire pour mesurer la puissance moyenne sur la période d'impulsion.
- d) *Appareil de mesure de la puissance optique*: ce dispositif doit avoir une exactitude de mesure meilleure que  $\pm 0,2$  dB( $\pm$ ), indépendamment de l'état de la polarisation de la lumière en entrée, dans la bande de longueur d'onde opérationnelle de l'AFO et dans une gamme de puissances comprise entre  $-40$  dBm et  $+20$  dBm( $\pm$ ).
- e) *Connecteurs optiques*: la reproductibilité de la perte de connexion doit être supérieure à  $\pm 0,1$  dB( $\pm$ ). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à  $-40$  dB( $\pm$ ).
- f) *Câbles de liaison à fibres optiques*: le diamètre de champ de mode des câbles de liaison à fibres optiques ne doit pas différer de plus de  $\pm 0,5$   $\mu$ m de celui des fibres utilisées comme accès d'entrée et de sortie de l'AFO. La réflectance des câbles de liaison à fibres optiques doit être inférieure à  $-40$  dB( $\pm$ ) et leur longueur doit être inférieure à 10 m.
- g) *Appareil de commande de la polarisation*: ce dispositif doit être en mesure de fournir en tant que lumière de signal d'entrée tous les états possibles de polarisation (linéaires, elliptiques et circulaires). Par exemple, l'appareil de commande de polarisation peut être constitué d'un appareil de commande de polarisation de type toutes fibres ou d'une plaque quart d'onde rotative d'un minimum de  $90^\circ$  et d'une plaque demi-onde rotative d'un minimum de  $180^\circ$ . La variation de perte de l'appareil de commande de polarisation doit être inférieure à  $0,1$  dB( $\pm$ ). La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que  $-40$  dB( $\pm$ ) à chaque accès. Le dispositif de commande de polarisation nécessite de fonctionner dans un mode de randomisation dans lequel la polarisation est embrouillée à un débit plus rapide que le temps de moyennage de l'ASO.

#### 4 Echantillon d'essai

L'AFO doit fonctionner aux conditions de fonctionnement nominales. Si l'AFO est susceptible de causer des oscillations de laser du fait de réflexions non désirées, il convient d'utiliser des isolateurs optiques pour contenir l'AFO en essai. Ceci 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 chacun des composants optiques conduisant à des erreurs de mesure. Ce problème est largement éliminé si l'on utilise l'appareil de commande de polarisation facultatif.

#### 5 Procédure

La méthode d'essai est constituée de deux parties:

- a) étalonnage;
- b) mesure de l'AFO.

- c) *Optical spectrum analyzer*: This device shall have polarization sensitivity less than  $\pm 0,05$  dB( $\pm$ ), stability better than  $\pm 0,1$  dB( $\pm$ ), wavelength accuracy better than  $\pm 0,5$  nm( $\pm$ ), and wavelength reproducibility better than  $\pm 0,01$  nm( $\pm$ ). Resolution bandwidth should be calibrated with an accuracy better than  $\pm 3$  %. The device shall have a measurement range at least from  $-75$  dBm to  $+10$  dBm( $\pm$ ) with a resolution bandwidth better than  $0,1$  nm( $\pm$ ). The reflectance from this device shall be smaller than  $-35$  dB( $\pm$ ) at its input port. The OSA shall have a data sampling (gating) capability based on external triggering with adjustable delay. The trigger delay resolution shall be  $\leq 1$   $\mu$ s( $\pm$ ). The OSA shall also have the ability to do *random* sampling in order to measure the average power over the pulse period.
- d) *Optical power meter*: This device shall have a measurement accuracy better than  $\pm 0,2$  dB( $\pm$ ), irrespective of the state of the input light polarization, within the operational wavelength band of the OFA and within a power range from  $-40$  dBm to  $+20$  dBm( $\pm$ ).
- e) *Optical connectors*: The connection loss repeatability shall be better than  $\pm 0,1$  dB( $\pm$ ). The reflectance from this device shall be smaller than  $-40$  dB( $\pm$ ).
- f) *Optical fibre jumpers*: The mode field diameter of the optical fibre jumpers shall differ from that of the fibres used as input and output ports of the OFA by no more than  $\pm 0,5$   $\mu$ m. The reflectance from optical fibre jumpers shall be less than  $-40$  dB( $\pm$ ) and their length shall be less than  $10$  m.
- g) *Polarization controller*: This device shall be able to provide as input signal light all possible states of polarization (linear, elliptical and circular). For example, the polarization controller may consist of an all-fibre-type polarization controller or a quarter-wave plate rotatable by a minimum of  $90^\circ$  and a half-wave plate rotatable by a minimum of  $180^\circ$ . The loss variation of the polarization controller shall be less than  $0,1$  dB( $\pm$ ). The reflectance from this device shall be smaller than  $-40$  dB( $\pm$ ) at each port. The polarization controller needs to operate in a randomizing mode in which the polarization is scrambled at a rate faster than the averaging time of the OSA.

#### 4 Test sample

The OFA shall operate under nominal operating conditions. If the OFA is likely to cause laser oscillations due to unwanted reflections, optical isolators should be used to bracket the OFA 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 each of the optical components resulting in measurement errors. This problem is largely eliminated if the optional polarization controller is used.

#### 5 Procedure

The test procedure consists of two parts:

- a) calibration;
- b) OFA measurement.

## 5.1 Etalonnage

- a) Sélectionner la fréquence de modulation et la puissance de sortie (ou le réglage de l'affaiblisseur) du module de source.
- b) Régler l'affaiblisseur de sortie à une valeur telle que la puissance maximale prévue de l'AFO ne dépasse pas le niveau d'entrée spécifié sur l'ASO.

Si un appareil de commande de polarisation est utilisé, le régler à son mode de randomisation dans lequel il embrouille l'état de polarisation.

- c) Connecter la source à l'appareil de mesure de puissance optique comme l'indique la figure 1 et effectuer le réglage et la mesure de la puissance d'entrée de source sur le dispositif de mesure de la puissance,  $P_i^{PM}$  (dBm). Si la source est une source de longueurs d'onde multiples, débloquent uniquement une source à la fois et effectuer le réglage et la mesure de  $P_i^{PM}$  à chaque longueur d'onde.
- d) Régler l'ASO pour l'échantillonnage aléatoire (aucun déclenchement). Dans ce mode, on mesure la puissance moyenne sur la période d'impulsion.
- e) Connecter la source à l'ASO par l'affaiblisseur illustré à la figure 1 et mesurer la puissance du signal d'entrée,  $P_i^{OSA}$ . Pour la source de longueurs d'onde multiples, répéter à chaque longueur d'onde.

NOTE L'appareil de mesure de puissance optique détecte la puissance totale du signal, y compris l'émission spontanée de source. Pour les rapports signal à émission spontanée de <40 dB/nm, il est nécessaire de prendre en considération l'effet sur un étalonnage de l'ASO et d'effectuer la correction en conséquence.

## 5.2 Mesure du bruit et du signal de sortie

- a) Connecter l'AFO entre l'affaiblisseur de sortie et la source comme illustré à la figure 1.
- b) Régler l'ASO pour un échantillonnage aléatoire afin de mesurer la puissance moyenne sur la période d'impulsion. A la longueur d'onde du signal,  $\lambda_{\text{signal}}$ , effectuer une lecture de l'ASO dans la largeur de bande de résolution,  $B_{RBW}$ . Une valeur type de  $B_{RBW}$  est 0,2 nm. La quantité mesurée, exprimée en décibels désignée comme 1 mW (dBm), est la suivante:

$$\text{Puissance de signal de sortie plus ESA} = P_{\text{total}}^{\text{meas}}$$

- c) Permettre le déclenchement de l'ASO.
- d) Régler la valeur de délai de déclenchement à 25 % de la période de modulation afin d'échantillonner la puissance d'ESA au point moyen du cycle d'ARRET. Se référer au diagramme de temps de la figure 3.
- e) Effectuer les lectures de l'ASO au  $\lambda_{\text{signal}} + \Delta\lambda$ , et  $\lambda_{\text{signal}} - \Delta\lambda$ . Les quantités mesurées représentent la puissance d'ESA, exprimée en décibels désignés comme 1 mW (dBm), à un décalage,  $\Delta\lambda$ , de la longueur d'onde de signal:

$$N_{\text{ASE}}^{\text{meas}}(\lambda_{\text{signal}} + \Delta\lambda) \text{ et } N_{\text{ASE}}^{\text{meas}}(\lambda_{\text{signal}} - \Delta\lambda)$$

- f) Pour une source de longueurs d'onde multiples, cette procédure doit être répétée à chaque canal.

NOTE L'erreur du fait de l'extinction de source imparfaite et la réponse transitoire de l'ASO est éliminée par interpolation de la puissance de l'ESA à un petit  $\Delta\lambda$  à partir de la longueur d'onde du signal. Dans la CEI 61290-3-1 [1] <sup>1)</sup>, l'interpolation est intégrée à la méthode de zéro de polarisation afin de surmonter l'extinction du polariseur non idéal. La valeur de  $\Delta\lambda$  peut être comprise entre zéro (pas d'interpolation) et environ 1 nm. Pour une source de longueurs d'onde multiples, il convient que  $\Delta\lambda$  soit réglé à moins de la moitié de la séparation du canal. Si l'AFO contient un filtre raide, l'interpolation à ligne droite simple décrite ici entraînera une erreur sensible. Dans ce cas, il convient d'utiliser une interpolation polynomiale appropriée adaptée aux données ESA adjacentes aux longueurs d'onde de signal. Tandis que l'interpolation améliore la précision dans la plupart des cas, elle n'est pas obligatoire dans la mise en œuvre de cette procédure.

<sup>1)</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

## 5.1 Calibration

- Select the modulation frequency and output power (or attenuator setting) of the source module.
- Set the output attenuator to a value such that the maximum expected power from the OFA does not exceed the specified input level on the OSA.  
If a polarization controller is used, set it to its randomizing mode in which it scrambles the state of polarization.
- Connect the source to the optical power meter as indicated in figure 1 and set and measure the source input power on the power meter,  $P_i^{\text{PM}}$  (dBm). If the source is a multi-wavelength source, turn on only one source at a time and set and measure  $P_i^{\text{PM}}$  at each wavelength.
- Set the OSA to random sampling (no triggering). In this mode, the average power over the pulse period is measured.
- Connect the source to the OSA through the attenuator as shown in figure 1 and measure the input signal power,  $P_i^{\text{OSA}}$ . For the multi-wavelength source, repeat at each wavelength.

NOTE The optical power meter detects total signal power including the source spontaneous emission. For signal to spontaneous emission ratios of <40 dB/nm, it is necessary to consider the effect on OSA calibration and correct accordingly.

## 5.2 Output signal and noise measurement

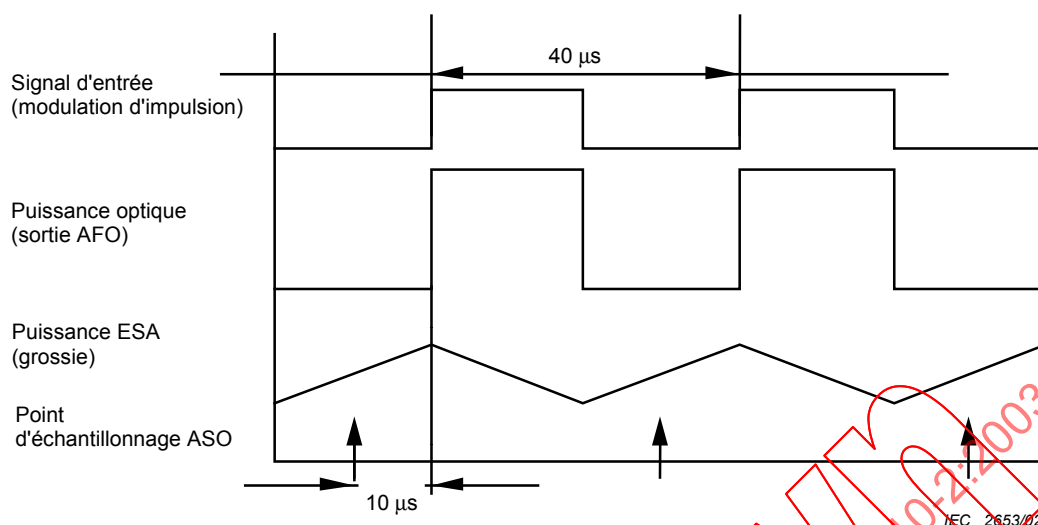
- Connect the OFA between the source and output attenuator as shown in figure 1.
- Set the OSA to random sampling in order to measure the average power over the pulse period. At the signal wavelength,  $\lambda_{\text{signal}}$ , take an OSA reading in resolution bandwidth,  $B_{\text{RBW}}$ . A typical value of  $B_{\text{RBW}}$  is 0.2 nm. The measured quantity, expressed in decibels referred to 1 mW (dBm), is  
output signal power plus ASE =  $P_{\text{total}}^{\text{meas}}$
- Enable OSA triggering.
- Set the trigger delay value to 25 % of the modulation period in order to sample the ASE power at the midpoint of the OFF cycle. Refer to the timing diagram in figure 3.
- Take OSA readings at  $\lambda_{\text{signal}} + \Delta\lambda$ , and  $\lambda_{\text{signal}} - \Delta\lambda$ . The measured quantities are the ASE power, expressed in decibels referred to 1 mW (dBm), at an offset,  $\Delta\lambda$ , from the signal wavelength:

$$N_{\text{ASE}}^{\text{meas}}(\lambda_{\text{signal}} + \Delta\lambda) \text{ and } N_{\text{ASE}}^{\text{meas}}(\lambda_{\text{signal}} - \Delta\lambda)$$

- For a multi-wavelength source, this procedure shall be repeated at each channel

NOTE The error due to imperfect source extinction and OSA transient response is eliminated by interpolating the ASE power at small  $\Delta\lambda$  from the signal wavelength. In IEC 61290-3-1 [1]<sup>1)</sup>, interpolation is integral to the polarization nulling method in order to overcome non-ideal polarizer extinction. The value of  $\Delta\lambda$  may range from zero (no interpolation) to about 1 nm. For a multi-wavelength source,  $\Delta\lambda$  should be set to less than one-half of the channel separation. If the OFA contains a steep filter, the simple straight-line interpolation described here will result in appreciable error. In that case, a suitable polynomial interpolation fit to the ASE data adjacent to the signal wavelengths should be used. While interpolation will improve accuracy in most cases, it is not mandatory in the implementation of this procedure.

<sup>1)</sup> Figures in square brackets refer to the bibliography.



NOTE Les temps indiqués correspondent à un taux de répétition d'impulsion de 25 kHz. Pour des taux de répétition supérieurs, les temps sont réglés en conséquence. L'échantillonnage ASO n'a pas nécessairement lieu à chaque période ARRÊT d'impulsion comme illustré.

Figure 3 – Diagramme de temps

## 6 Calculs

- a) Calculer le coefficient d'étalonnage,  $C_{cal}$ , exprimé en décibels (dB). Ce terme rend compte de l'affaiblissement de l'affaiblisseur de sortie et de la réponse d'amplitude de l'ASO.

$$C_{cal} = P_i^{PM} - P_i^{OSA} \quad (1)$$

- b) Calculer l'ESA à la longueur d'onde du signal, exprimée en décibels désignés comme 1 mW (dBm):

$$N_{ASE} = \frac{N_{ASE}^{meas}(\lambda_{signal} + \Delta\lambda) + N_{ASE}^{meas}(\lambda_{signal} - \Delta\lambda)}{2} + C_{cal} \quad (2)$$

- c) Calculer la puissance de signal de sortie linéaire,  $P_o^{linear}$ , exprimée en milliwatts (mW)

$$P_o^{linear} = 10^{\frac{P_{total}^{meas} + C_{cal}}{10}} - 10^{\frac{N_{ASE}}{10}} \quad (3)$$

- d) Calculer la puissance du signal de sortie,  $P_o$ , exprimée en décibels désignés comme 1 mW (dBm):

$$P_o = 10 \log P_o^{linear} \quad (4)$$

- e) Calculer le gain,  $G$ , exprimé en décibels (dB):

$$G = P_o - P_i^{PM} \quad (5)$$

- f) Calculer le facteur de bruit signal/émission spontanée,  $NF_{sig-sp}$ , exprimé en décibels (dB)

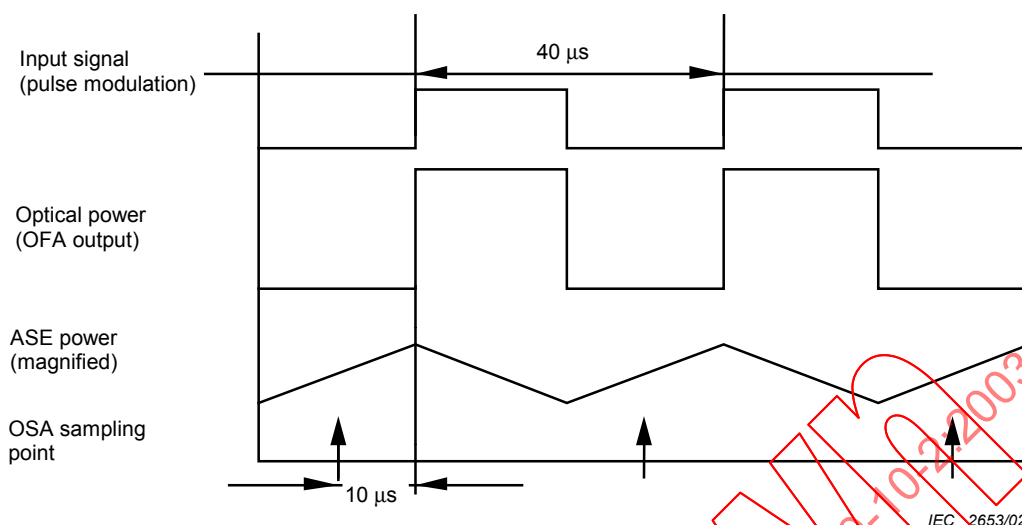
$$NF_{sig-sp} = N_{ASE} - G - 10 \log(h\nu B_{RBW}) \quad (6)$$

où

$h$  est la constante de Planck (Ws<sup>2</sup>);

$\nu$  est la fréquence de signal (Hz);

$B_{RBW}$  est la largeur de bande de résolution de l'ASO (Hz).



NOTE Times indicated are for a 25 kHz pulse repetition rate. For higher repetition rates, the timing is adjusted accordingly. OSA sampling need not occur at every pulse off period as shown.

**Figure 3 – Timing diagram**

## 6 Calculations

- a) Calculate the calibration coefficient,  $C_{cal}$ , expressed in decibels (dB). This term accounts for the attenuation of the output attenuator and the OSA amplitude response.

$$C_{cal} = P_i^{PM} - P_i^{OSA} \quad (1)$$

- b) Calculate the ASE at the signal wavelength, expressed in decibels referred to 1 mW (dBm):

$$N_{ASE} = \frac{N_{ASE}^{meas}(\lambda_{signal} + \Delta\lambda) + N_{ASE}^{meas}(\lambda_{signal} - \Delta\lambda)}{2} + C_{cal} \quad (2)$$

- c) Calculate the linear output signal power,  $P_o^{linear}$ , expressed in milliwatts (mW):

$$P_o^{linear} = 10^{\frac{P_{total}^{meas} + C_{cal}}{10} - \frac{N_{ASE}}{10}} \quad (3)$$

- d) Calculate the output signal power,  $P_o$ , in decibels referred to 1 mW (dBm):

$$P_o = 10 \log P_o^{linear} \quad (4)$$

- e) Calculate the gain,  $G$ , expressed in decibels (dB):

$$G = P_o - P_i^{PM} \quad (5)$$

- f) Calculate the signal-spontaneous noise figure,  $NF_{sig-sp}$ , expressed in decibels (dB)

$$NF_{sig-sp} = N_{ASE} - G - 10 \log(h\nu B_{RBW}) \quad (6)$$

where

$h$  is Planck's constant (Js<sup>2</sup>);

$\nu$  is the signal frequency (Hz);

$B_{RBW}$  is the OSA resolution bandwidth (Hz).

## 7 Résultats d'essai

Les précisions suivantes doivent être présentées pour chaque canal:

- a) Pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) de ligne spectrale de la source optique
- b) Longueurs d'onde du signal d'entrée:  $\lambda_k$
- c) Largeur de bande optique de l'ASO:  $B_{RBW}$
- d) Indication de la puissance de pompe optique (si applicable)
- e) Température ambiante
- f) Taux de répétition d'impulsion
- g) Niveaux de puissance d'entrée
- h) Longueur d'onde à décalage pour l'interpolation,  $\Delta\lambda$
- i) Gain,  $G$
- j) Puissance de l'ESA:  $N_{ASE}$
- k) Facteur de bruit spontané-signal,  $NF_{sig-sp}$

## 7 Test results

The following details shall be presented for each channel.

- a) Spectral full width half maximum linewidth (FWHM) of the optical source
- b) Input signal wavelengths:  $\lambda_k$
- c) OSA optical bandwidth:  $B_{\text{RBW}}$
- d) Indication of the optical pump power (if applicable)
- e) Ambient temperature
- f) Pulse repetition rate
- g) Input power levels
- h) Offset wavelength for interpolation,  $\Delta\lambda$
- i) Gain,  $G$
- j) ASE power:  $N_{\text{ASE}}$
- k) Signal-spontaneous noise figure,  $NF_{\text{sig-sp}}$

## Annexe A (informative)

### Liste des symboles et des abréviations

|                                  |                                                                        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| CGA                              | Commande de gain automatique                                           |
| CNA                              | Commande de niveau automatique                                         |
| ESA                              | Emission spontanée amplifiée                                           |
| OE                               | Onde entretenue                                                        |
| RBR                              | Réflecteur de Bragg réparti (diode laser)                              |
| RR                               | (diode laser) à rétroaction répartie                                   |
| LCE                              | (diode) laser à cavité externe                                         |
| FWHM                             | Pleine largeur à mi-hauteur                                            |
| DEL                              | Diode électroluminescente                                              |
| AFO                              | Amplificateur à fibres optiques                                        |
| ASO                              | Analyseur de spectre optique                                           |
| MRL                              | Multiplexage à répartition en longueur d'onde (ou multiplexeur)        |
| $P_i^{PM}$                       | puissance d'entrée de source pour le dispositif de mesure de puissance |
| $P_i^{OSA}$                      | puissance du signal d'entrée                                           |
| $\lambda_{\text{signal}}$        | longueur d'onde du signal                                              |
| $B_{RBW}$                        | largeur de bande de résolution                                         |
| $P_{\text{total}}^{\text{meas}}$ | puissance de signal de sortie plus ESA                                 |
| $N_{ASE}^{\text{meas}}$          | puissance de l'ESA mesurée                                             |
| $C_{\text{cal}}$                 | coefficient d'étalonnage                                               |
| $P_o^{\text{linear}}$            | puissance de signal de sortie linéaire                                 |
| $P_o$                            | puissance de signal de sortie                                          |
| $G$                              | gain                                                                   |
| $NF_{\text{sig-sp}}$             | facteur de bruit signal/émission spontanée                             |
| $h$                              | constante de Planck                                                    |
| $\nu$                            | fréquence de signal                                                    |

## Annex A (informative)

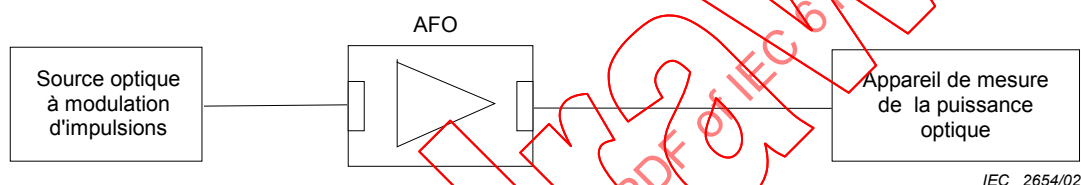
### List of symbols and abbreviations

|                                  |                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| AGC                              | Automatic gain control                            |
| ALC                              | Automatic level control                           |
| ASE                              | Amplified spontaneous emission                    |
| CW                               | Continuous wave                                   |
| DBR                              | Distributed Bragg reflector (laser diode)         |
| DFB                              | Distributed feed-back (laser diode)               |
| ECL                              | External cavity laser (diode)                     |
| FWHM                             | Full-width half maximum                           |
| LED                              | Light emitting diode                              |
| OFA                              | Optical fibre amplifier                           |
| OSA                              | Optical spectrum analyzer                         |
| WDM                              | Wavelength-division multiplexing (or multiplexer) |
| $P_i^{\text{PM}}$                | source input power on the power meter             |
| $P_i^{\text{OSA}}$               | input signal power                                |
| $\lambda_{\text{signal}}$        | signal wavelength                                 |
| $B_{\text{RBW}}$                 | resolution bandwidth                              |
| $P_{\text{total}}^{\text{meas}}$ | output signal power plus ASE                      |
| $N_{\text{ASE}}^{\text{meas}}$   | measured ASE power                                |
| $C_{\text{cal}}$                 | calibration coefficient                           |
| $P_o^{\text{linear}}$            | linear output signal                              |
| $P_o$                            | output signal                                     |
| $G$                              | gain                                              |
| $NF_{\text{sig-sp}}$             | signal-spontaneous noise figure                   |
| $h$                              | Planck's constant                                 |
| $\nu$                            | signal frequency                                  |

## Annexe B (informative)

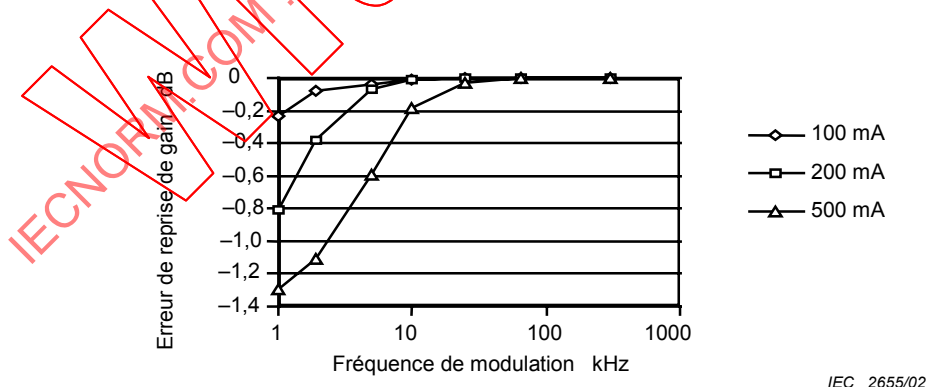
### Mesures de la fréquence de répétition d'impulsion

Les mesures décrites dans la présente annexe sont possibles parce que la réponse de gain de l'amplificateur à fibre dopé aux terres rares est relativement lente, c'est-à-dire  $>100 \mu\text{s}$  pour les amplificateurs à fibres dopés à l'Erbium. Couramment, les temps de récupération de gain permettent des taux de répétition d'impulsions dans la gamme comprise entre 25 kHz et 100 kHz. Un montage simple destiné à évaluer la réponse de gain de l'AFO par rapport à la fréquence de modulation est illustré à la figure B.1. Une source optique avec fréquence de modulation variable est appliquée à l'AFO. La puissance de sortie moyenne de l'AFO est mesurée sur un appareil de mesure de puissance optique. Comme on augmente la fréquence de modulation, la lecture de l'appareil de mesure de puissance approche asymptotiquement une valeur finale. Aux fréquences de modulation faibles, il existe une erreur croissante du fait de la reprise de gain non linéaire de l'AFO.



**Figure B.1 – Montage destiné à évaluer l'erreur de reprise de gain par rapport à la rapidité de modulation**

La figure B.2 présente une mesure sur un amplificateur à fibre dopée à l'Erbium pompé 980 nm avec trois valeurs de courant de pompe. Comme la puissance de la pompe augmente, la constante de temps de reprise de gain devient plus courte en conduisant un écart plus grand par rapport à la valeur haute fréquence. Pour cet amplificateur particulier, une fréquence de modulation supérieure à 20 kHz est nécessaire pour donner une erreur  $<0,1 \text{ dB}$  dans le gain mesuré à un courant de pompe de 500 mA.

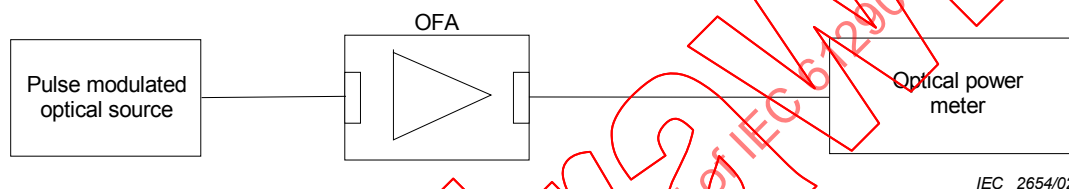


**Figure B.2 – Erreur de reprise de gain par rapport à la fréquence de modulation avec courant de pompe en tant que paramètre**

## Annex B (informative)

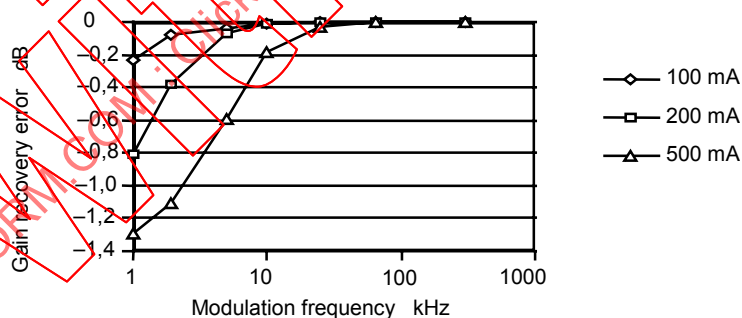
### Pulse repetition frequency measurements

The measurements described in this annex are possible because the gain response of the rare-earth doped fibre amplifier is relatively slow, that is  $>100\ \mu\text{s}$  for Er-doped fibre amplifiers. Currently, the gain recovery times allow pulse repetition rates in the 25 kHz to 100 kHz range. A simple set-up to evaluate OFA gain response versus modulation frequency is shown in figure B.1. An optical source with variable modulation frequency is applied to the OFA. The average output power of the OFA is measured on an optical power meter. As the modulation frequency is increased, the power meter reading asymptotically approaches a final value. At low modulation frequencies there is an increasing error due to non-linear gain recovery of the OFA.



**Figure B.1 – Set-up to evaluate gain recovery error versus modulation rate**

Figure B.2 shows a measurement on a 980 nm pumped Er-doped fibre amplifier with three values of pump current. As pump power increases, the gain recovery time constant becomes shorter resulting in a larger deviation from the high-frequency value. For this particular amplifier, a modulation frequency above 20 kHz is required to give  $<0,1\ \text{dB}$  error in measured gain at 500 mA pump current.



IEC 2655/02

**Figure B.2 – Gain recovery error versus modulation frequency  
with pump current as a parameter**

Cependant, il existe deux situations pour lesquelles il est nécessaire de considérer la fréquence de modulation. Premièrement, comme l'indique la figure B.2, le courant de pompe supérieur réduit le temps de reprise. Deuxièmement, dans certaines situations il est nécessaire de soumettre à l'essai les AFO lorsque les circuits de commande de gain automatique (CGA) ou de commande de niveau automatique (CNA) sont opérationnels. Les largeurs de bande de ces boucles de commande CGA et CNA imposent des limitations sur la rapidité de modulation. Il est recommandé que cet essai soit réalisé pour qualifier la rapidité de modulation appropriée pour une conception d'amplificateur particulière.

NOTE Lors de la réalisation de l'essai ci-dessus, il convient de ne pas utiliser les rapidités de modulation inférieures à environ 10 kHz. Une grande transitoire de puissance de sortie pourrait détruire l'AFO ou les composants du système d'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-2:2003

Withd2Wm

However, there are two situations that require careful consideration of modulation frequency. First, as indicated in figure B.2, higher pump current shortens the recovery time. Secondly, in some situations it is necessary to test OFAs when automatic gain control (AGC) or automatic level control (ALC) circuitry is operational. The bandwidths of these AGC and ALC control loops will impose limitations on the modulation rate. It is recommended that this test be performed to qualify the appropriate modulation rate for a particular amplifier design.

NOTE In performing the above test, modulation rates below about 10 kHz should not be used. A large output power transient could destroy OFA or test system components.

Withdrawing  
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-2:2003

## Bibliographie

- [1] CEI/PAS 61290-3-1, *Amplificateurs à fibres optiques – Spécification de base – Partie 3-1: Méthodes d'essai des paramètres du facteur de bruit – Méthode d'essai d'analyseur de spectre optique* (disponible en anglais seulement)
- 

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-2:2003

Withdrawing