

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61290-10-2

Edition 2.0 2007-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical amplifiers – Test methods –

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

Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai –

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

N

ICS 33.180.30

ISBN 2-8318-9311-9

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Symbols and abbreviated terms.....	7
4 Apparatus.....	7
5 Test sample.....	10
6 Procedure	10
6.1 General.....	10
6.2 Calibration.....	10
6.3 Output signal and noise measurement.....	10
7 Calculations	11
8 Test results	12
Annex A (informative) Pulse repetition frequency measurements	13
Bibliography.....	14
Figure 1 – Test apparatus for signal-spontaneous noise figure parameter measurement – Typical arrangement	8
Figure 2a – Optically switched source module	8
Figure 2b – Directly modulated source module.....	9
Figure 2 – Two arrangements of the optical pulse source module	9
Figure 3 – Timing diagram	11
Figure A.1 – Set-up to evaluate gain recovery error versus modulation rate	13
Figure A.2 – Gain recovery error versus modulation frequency with pump current as a parameter	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

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

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.

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 4 and Clause 6.

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 4 and Clause 6.

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.

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 second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. It is a technical revision with updated references and cautions on proper use of the procedure.

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

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

FDIS	Report on voting
86C/772/FDIS	86C/787/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.

A list of all parts of the IEC 61290 series, published under the general title *Optical amplifiers – Test methods*:¹⁾ can be found on the IEC website.

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.

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*.

INTRODUCTION

As far as can be determined, this part of IEC 61290 is the first International Standard on this subject. The technology of optical 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 Clause 3.

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 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 A.

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.

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.

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

3 Symbols and abbreviated terms

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^{PM}	source input power on the power meter
P_i^{OSA}	input signal power
λ_{signal}	signal wavelength
B_{RBW}	resolution bandwidth
$P_{\text{total}}^{\text{meas}}$	output signal power plus ASE
$N_{\text{ASE}}^{\text{meas}}$	measured ASE power
C_{cal}	calibration coefficient
P_o^{linear}	linear output signal power
P_o	output signal power
G	gain
$NF_{\text{sig-sp}}$	signal-spontaneous noise figure
h	Planck's constant
ν	signal frequency

4 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.

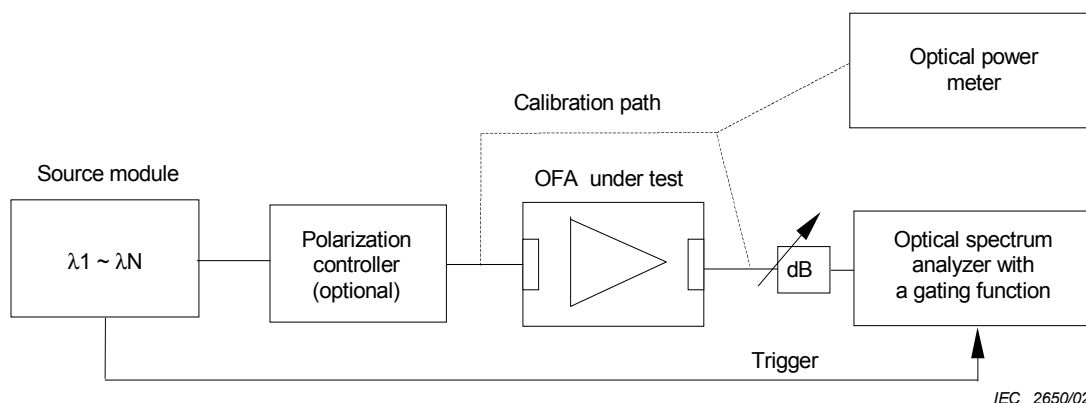


Figure 1 – Test apparatus for signal-spontaneous noise figure parameter measurement – Typical arrangement

The characteristics of the test apparatus are:

- 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 ($\pm$)²⁾ 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 ($\pm$). 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 ($\pm$). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB($\pm$), which is more easily attainable with an optical isolator placed at the output port of each source. (Power fluctuation in the measurements can also be caused by interference effects if the setup or amplifier has multiple paths, such as cavities between two reflections. These fluctuations should be controlled by using connectors or splices with reflections weaker than -40 dB ($\pm$) and if needed by increasing the source linewidth to achieve coherence lengths much shorter than any unavoidable cavities in the setup.)

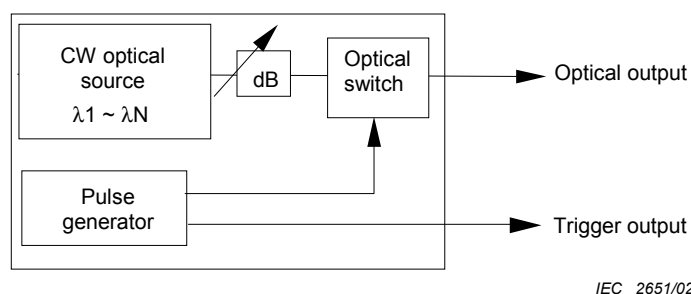


Figure 2a – Optically switched source module

2) See Note in Clause 1.

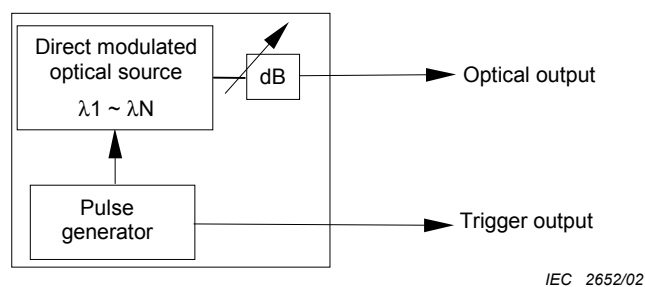


Figure 2b – Directly modulated source module

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 ($\pm$). 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 ($\pm$). The trigger output shall be coincident with the optical pulse turn-on edge with a precision of $\pm 1 \mu\text{s}$ ($\pm$).

If an optical attenuator is not built into the source module, it shall have an attenuation range greater than 40 dB ($\pm$) and stability better than $\pm 0,1$ dB. The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$) 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 ($\pm$) and $\pm 0,1$ dB respectively.
- 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 ± 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 $\leq 1 \mu\text{s}$ ($\pm$). The OSA shall also have the ability to do *continuous* (ungated) 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 at input and output ports of the OFA by no more than $\pm 0,5 \mu\text{m}$. 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° and a half-wave plate rotatable by a minimum of 180° . 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.

5 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.

6 Procedure

6.1 General

The test procedure consists of two parts:

- a) calibration;
- b) OFA measurement.

6.2 Calibration

To calibrate the system:

- a) Select the modulation frequency and output power (or attenuator setting) of the source module.
- b) 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.
- c) 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^{PM} (dBm). If the source is a multi-wavelength source, turn on only one source at a time and set and measure P_i^{PM} at each wavelength.
- d) Set the OSA to continuous sampling (no triggering). In this mode, the average power over the pulse period is measured.
- e) Connect the source to the OSA through the attenuator as shown in Figure 1 and measure the input signal power, P_i^{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.

6.3 Output signal and noise measurement

To measure the output signal and noise:

- a) Connect the OFA between the source and output attenuator as shown in Figure 1.
- b) Set the OSA to continuous sampling in order to measure the average power over the pulse period. At the signal wavelength, λ_{signal} , take an OSA reading in resolution bandwidth, B_{RBW} . A typical value of B_{RBW} is 0,2 nm. The measured quantity, expressed in decibels referred to 1 mW (dBm), is

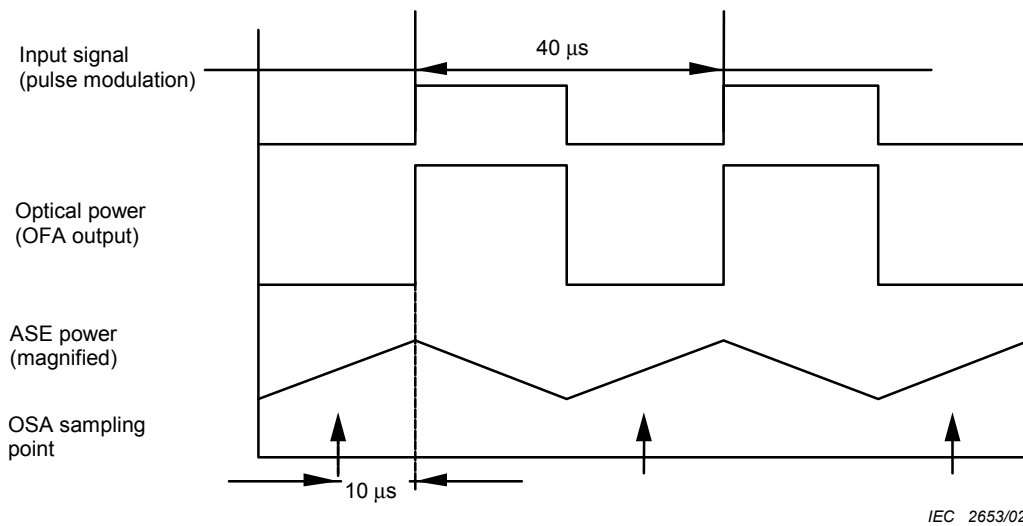
output signal power plus ASE = $P_{\text{total}}^{\text{meas}}$

- c) Enable OSA triggering (gating).
- d) 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.
- e) 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:

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

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

NOTE 1 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, 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.



NOTE 2 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

7 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

where

h is Planck's constant (Ws²);

ν is the signal frequency (Hz);

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

8 Test results

The following details shall be presented for each channel:

- spectral full width half maximum linewidth (FWHM) of the optical source
- input signal wavelengths: λ_k
- OSA optical bandwidth: B_{RBW}
- indication of the optical pump power (if applicable)
- ambient temperature
- pulse repetition rate
- input power levels
- offset wavelength for interpolation, $\Delta\lambda$
- gain, G
- ASE power: N_{ASE}
- signal-spontaneous noise figure, $NF_{\text{sig-sp}}$

Annex A (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 A.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.

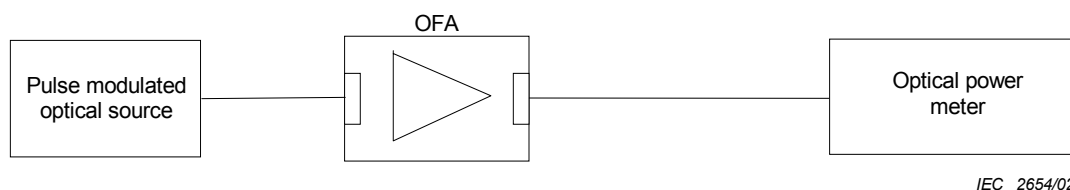
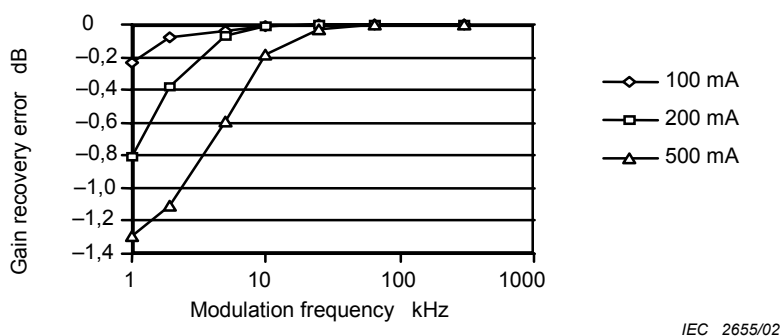


Figure A.1 – Set-up to evaluate gain recovery error versus modulation rate

Figure A.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.



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

However, there are two situations that require careful consideration of modulation frequency. First, as indicated in Figure A.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.

Bibliography

IEC 61290-3-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 3-1: Noise figure parameters – Optical spectrum analyzer method*

IEC 61290-10-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 10-1: Multichannel parameters – Pulse method using an optical switch and optical spectrum analyzer*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
INTRODUCTION.....	19
1 Domaine d'application et objet	20
2 Références normatives	20
3 Symboles et termes abrégés	20
4 Appareillage	21
5 Echantillon d'essai	24
6 Procédure.....	24
6.1 Généralités	24
6.2 Etalonnage	24
6.3 Mesure du bruit et du signal de sortie.....	25
7 Calculs	26
8 Résultats d'essai	26
Annexe A (informative) Mesures de la fréquence de répétition des impulsions	27
Bibliographie	29
Figure 1 – Appareillage d'essai pour la mesure du paramètre de facteurs de bruit signal/émission spontanée – Disposition type	22
Figure 2a – Module source à commutation optique	22
Figure 2b – Module source à modulation directe	23
Figure 2 – Deux dispositions du module source d'impulsion optique.....	23
Figure 3 – Diagramme de temps.....	25
Figure A.1 – Montage destiné à évaluer l'erreur de récupération de gain par rapport à la rapidité de modulation	27
Figure A.2 – Erreur de récupération de gain par rapport à la fréquence de modulation avec courant de pompe en tant que paramètre	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 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.

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 4 et 6.

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 4 et 6.

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.

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 seconde édition de la CEI 61290-10-2 annule et remplace la première édition parue en 2003. C'est une révision technique avec des références et des précautions relatives à l'utilisation convenable du procédé mises à jour.

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/772/FDIS	86C/787/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61290, présentées sous le titre général *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai*¹⁾, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

¹⁾ Les premières éditions de certaines de ces parties ont été publiées sous le titre général *Amplificateurs à fibres optiques – Spécification de base* ou *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai*.

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'Article 3.

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, 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 en signal/émission spontanée défini dans la CEI 61291-1.

La méthode d'essai détecte indépendamment la puissance du signal amplifiée et la puissance d'émission spontanée amplifiée (ESA) en injectant des impulsions optiques dans l'AFO en essai. Le niveau d'ESA est obtenu 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 A.

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.

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

3 Symboles et termes abrégés

CGA commande de gain automatique

CNA	commande de niveau automatique
ESA	émission 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 la source sur le mesureur de puissance
P_i^{OSA}	puissance du signal d'entrée
λ_{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}^{meas}	puissance de l'ESA mesurée
C_{cal}	coefficient d'étalonnage
P_o^{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
ν	fréquence de signal

4 Appareillage

L'installation de mesure fondamentale est illustrée à la Figure 1. Un module source fournit l'impulsion lumineuse 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.

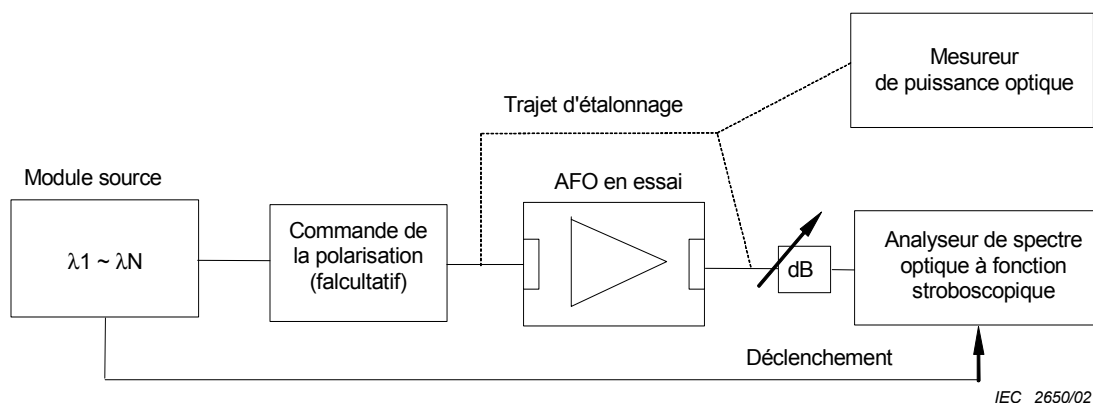


Figure 1 – Appareillage d'essai pour la mesure du paramètre de facteurs de bruit signal/émission spontanée – Disposition type

Les caractéristiques de l'appareillage d'essai sont:

- a) *Module source*: deux dispositions du module source sont possibles, comme l'illustre la Figure 2. Le premier module source (Figure 2a) est constitué de sources optiques d'ondes entretenues (OE) à affaiblisseur(s) et commutateurs optiques externes. Le deuxième module 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 du 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 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 $0,05 \text{ dB}(\pm)$, ce qui est plus facilement réalisable avec un isolateur optique placé au niveau de l'accès de sortie de chaque source. (La fluctuation de la puissance lors des mesures peut aussi être due à des effets de perturbation, si le montage ou l'amplificateur a des trajets multiples, comme des cavités entre deux réflexions. Il convient que ces fluctuations soient contrôlées par l'emploi de connecteurs ou d'épissures avec des réflexions plus faibles que $-40 \text{ dB}(\pm)$ et, si nécessaire, par l'augmentation de la largeur de ligne de la source pour réaliser des longueurs de cohérence beaucoup plus courtes que toute cavité inévitable du montage.)

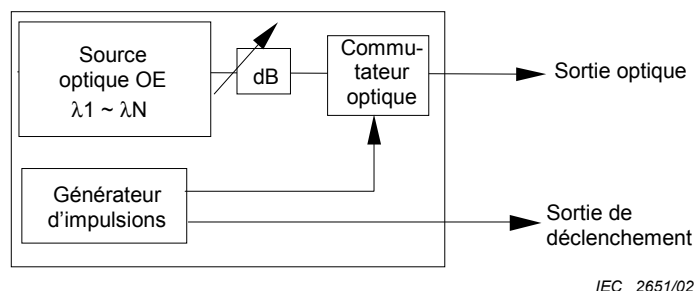


Figure 2a – Module source à commutation optique

2) Voir la Note à l'Article 1.

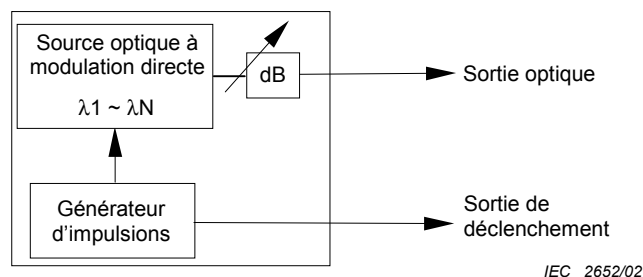


Figure 2b – Module source à modulation directe

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

Pour l'une et l'autre disposition du module source, le rapport d'extinction doit être supérieur à 65 dB ($\pm$). Pour la source à 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 une fréquence de répétition variable comprise entre 25 kHz et 300 kHz, et un rapport cyclique de 50 %. Les temps de montée et de descente à 10 % et 90 % doivent être inférieurs à 10 % de la largeur d'impulsion ($\pm$). La sortie de déclenchement doit coïncider avec le front de montée de l'impulsion optique avec une précision de $\pm 1 \mu\text{s}$ ($\pm$).

Si un affaiblisseur optique n'est pas intégré au module source, il doit avoir une gamme d'affaiblissement supérieure à 40 dB($\pm$) et une stabilité meilleure que $\pm 0,1$ dB. La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que -40 dB ($\pm$) 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($\pm$) et $\pm 0,1$ dB respectivement.
- 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 avec une précision meilleure que ± 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 retard réglable. La résolution de retard de déclenchement doit être de $\leq 1 \mu\text{s}$ ($\pm$). L'ASO doit également avoir la capacité d'effectuer l'échantillonnage *continu* (non stroboscopique) pour mesurer la puissance moyenne sur la période d'impulsion.
- d) *Mesureur de puissance optique*: ce dispositif doit avoir une exactitude de mesure meilleure que $\pm 0,2$ dB ($\pm$), indépendamment de l'état de polarisation de la lumière d'entrée, dans la bande de longueur d'onde opérationnelle de l'AFO et dans une plage de puissances comprise entre -40 dBm et $+20$ dBm ($\pm$).
- e) *Connecteurs optiques*: la reproductibilité de la perte de connexion doit être meilleure 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 $\pm 0,5 \mu\text{m}$ de celui des fibres utilisées aux 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 de polarisation possibles (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 lame quart d'onde rotative d'un minimum de 90° et d'une lame demi-onde rotative d'un minimum de 180°. La variation de perte de l'appareil de commande de polarisation doit être inférieure à 0,1 dB(±). La réflectance de ce dispositif doit être plus petite que –40 dB (±) à chaque accès. Le dispositif de commande de polarisation nécessite de fonctionner dans un mode aléatoire dans lequel la polarisation est embrouillée à un débit plus rapide que le temps de calcul de la moyenne de l'ASO.

5 Echantillon d'essai

L'AFO doit fonctionner aux conditions de fonctionnement nominales. Si l'AFO est susceptible de causer des oscillations du 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 la puissance optique d'entrée du fait de la légère dépendance à la polarisation attendue 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.

6 Procédure

6.1 Généralités

La méthode d'essai est constituée de deux parties:

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

6.2 Etalonnage

Pour étalonner le système:

- a) Sélectionner la fréquence de modulation et la puissance de sortie (ou le réglage de l'affaiblisseur) du module 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 aléatoire dans lequel il embrouille l'état de polarisation.
- c) Connecter la source au mesureur 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 mesureur de puissance, P_i^{PM} (dBm). Si la source est une source de longueurs d'onde multiples, déclencher 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 continu (aucun déclenchement). Dans ce mode, on mesure la puissance moyenne sur la période d'impulsion.
- e) Connecter la source à l'ASO via l'affaiblisseur, comme illustré à la Figure 1, et mesurer la puissance du signal d'entrée, P_i^{OSA} . Pour la source de longueurs d'onde multiples, le répéter à chaque longueur d'onde.

NOTE Le mesureur 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 cet effet sur l'étalonnage de l'ASO et d'effectuer la correction en conséquence.

6.3 Mesure du bruit et du signal de sortie

Pour mesurer le signal et le bruit en sortie:

- Connecter l'AFO entre la source et l'affaiblisseur de sortie comme illustré à la Figure 1.
- Régler l'ASO pour un échantillonnage continu afin de mesurer la puissance moyenne sur la période d'impulsion. A la longueur d'onde du signal, λ_{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 par rapport à 1 mW (dBm), est la suivante:

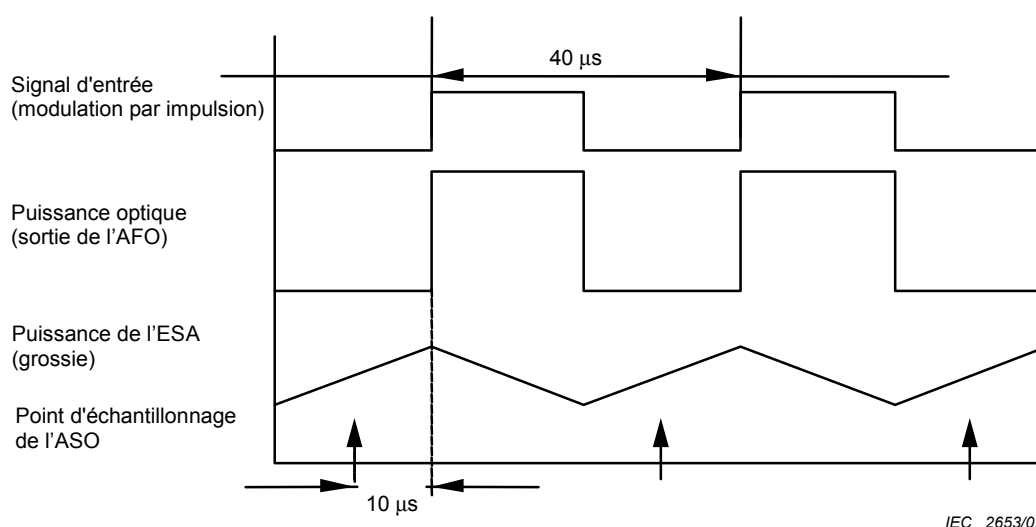
$$\text{puissance de signal de sortie plus ESA} = P_{\text{total}}^{\text{meas}}$$

- Déclencher l'ASO.
- Régler la valeur de retard de déclenchement à 25 % de la période de modulation afin d'échantillonner la puissance d'ESA au point moyen du cycle d'ARRÊT. Se référer au diagramme de temps de la Figure 3.
- 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 par rapport à 1 mW (dBm), à un décalage, $\Delta\lambda$, de la longueur d'onde de signal:

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

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

NOTE L'erreur du fait de l'imperfection de l'extinction de source et de la réponse transitoire de l'ASO est éliminée par interpolation de la puissance de l'ESA à $\Delta\lambda$ petit à partir de la longueur d'onde du signal. Dans la CEI 61290-3-1, l'interpolation est intégrée à la méthode de suppression de la polarisation afin de s'affranchir de l'extinction du polariseur non idéale. 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 d'une demi-séparation du canal. Si l'AFO contient un filtre à forte pente, l'interpolation linéaire simple décrite ici entraînera une erreur significative. 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.



NOTE Les temps indiqués correspondent à un taux de répétition des impulsions 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 de l'impulsion comme illustré.

Figure 3 – Diagramme de temps

7 Calculs

- a) Calculer le coefficient d'étalonnage, C_{cal} , exprimé en décibels (dB). Ce terme justifie 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 par rapport à 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 par rapport à 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 (Ws²);

ν est la fréquence du signal (Hz);

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

8 Résultats d'essai

Les précisions suivantes doivent être présentées pour chaque canal:

- pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) de ligne spectrale de la source optique
- longueurs d'onde du signal d'entrée: λ_k
- largeur de bande optique de l'ASO: B_{RBW}
- indication de la puissance de pompe optique (si applicable)
- température ambiante
- taux de répétition des impulsions
- niveaux de puissance d'entrée
- longueur d'onde de décalage pour l'interpolation, $\Delta\lambda$
- gain, G
- puissance de l'ESA: N_{ASE}
- facteur de bruit émission spontanée-signal, NF_{sig-sp}

Annexe A (informative)

Mesures de la fréquence de répétition des impulsions

Les mesures décrites dans la présente annexe sont possibles parce que la réponse en 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. Actuellement, les temps de récupération de gain permettent des taux de répétition des impulsions dans une plage comprise entre 25 kHz et 100 kHz. Un montage simple destiné à évaluer la réponse en gain de l'AFO par rapport à la fréquence de modulation est illustré à la Figure A.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 mesureur de puissance optique. Comme on augmente la fréquence de modulation, la lecture de mesureur de puissance tend asymptotiquement à une valeur finale. Aux fréquences de modulation faibles, il existe une erreur croissante du fait de la récupération de gain non linéaire de l'AFO.

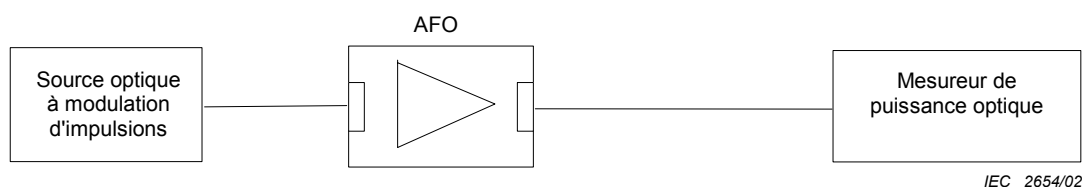


Figure A.1 – Montage destiné à évaluer l'erreur de récupération de gain par rapport à la rapidité de modulation

La Figure A.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 récupération de gain devient plus courte, en conduisant à 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 obtenir une erreur $<0,1 \text{ dB}$ du gain mesuré à un courant de pompe de 500 mA.

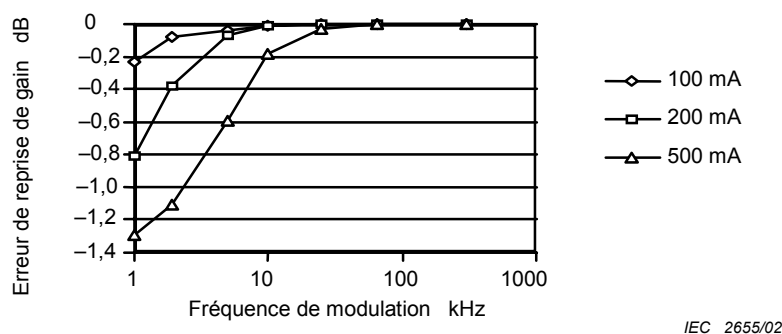


Figure A.2 – Erreur de récupération de gain par rapport à la fréquence de modulation avec courant de pompe en tant que paramètre

Cependant, il existe deux situations pour lesquelles il est nécessaire de considérer avec attention la fréquence de modulation. Premièrement, comme l'indique la Figure A.2, un courant de pompe élevé réduit le temps de récupération. 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 des boucles de régulation de ces CGA et CNA imposeront des limitations sur le taux 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 des taux de modulation inférieure à environ 10 kHz. Un transitoire de puissance de sortie élevé pourrait détruire l'AFO ou les composants du système d'essai.

Bibliographie

CEI 61290-3-1, *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 3-1: Paramètres du facteur de bruit – Méthode d'analyseur du spectre optique*

CEI 61290-10-1, *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 10-1: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un interrupteur optique et un analyseur de spectre optique*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
P.O. Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch