

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai –
Partie 1-3: Paramètres de puissance et de gain – Méthode par appareil de
mesure de la puissance optique**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai –
Partie 1-3: Paramètres de puissance et de gain – Méthode par appareil de
mesure de la puissance optique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.30

ISBN 978-2-8322-2279-9

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

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions and abbreviations	5
3.1 Terms and definitions	5
3.2 Abbreviations	6
4 Apparatus	6
5 Test sample	9
6 Procedure	9
7 Calculation	12
8 Test results	13
Annex A (informative) Optimization of optical bandpass filter spectral width	15
Bibliography	16
Figure 1 – Typical arrangement of optical power meter test apparatus for measurement	7

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –**Part 1-3: Power and gain parameters –
Optical power meter method****FOREWORD**

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

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

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

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

- a) Detail description of most parameters has been described in IEC 61290-1 and removed from this part;
- b) Description of maximum output signal power and maximum total output power are added.

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

CDV	Report on voting
86C/1255/CDV	86C/1292/RVC

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 in the IEC 61290 series, published under the general title *Optical amplifiers – Test methods*¹⁾ can be found on the IEC website.

This International Standard is to be used in conjunction with IEC-61290-1.

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

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

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*.

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

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

1 Scope

This part of IEC 61290-1 applies to all commercially available optical amplifiers (OA) and optically amplified subsystems. It applies to OA using optically pumped fibres (OPA based on either rare-earth doped fibres or on the Raman effect), semiconductors (SOA), and waveguides (POWA).

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

The object of this part of IEC 61290-1 is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements, by means of the optical power meter test method, of the following OA parameters, as defined in IEC 61291-1:

- a) nominal output signal power;
- b) gain;
- c) polarization-dependent gain;
- d) maximum output signal power;
- e) maximum total output power.

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

This part of IEC 61290-1 applies to single-channel amplifiers. For multichannel amplifiers, the IEC 61290-10 series applies.

2 Normative references

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

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

IEC 61290-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 1: Power and gain parameters*

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

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

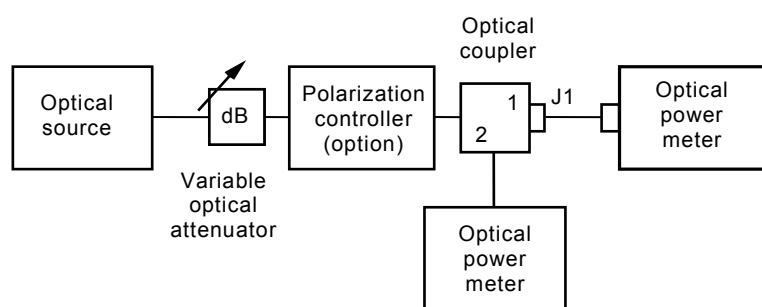
For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61291-1 apply.

3.2 Abbreviations

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

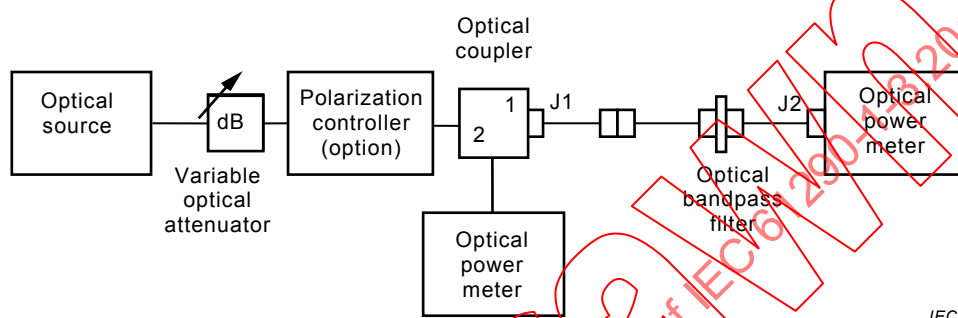
4 Apparatus

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



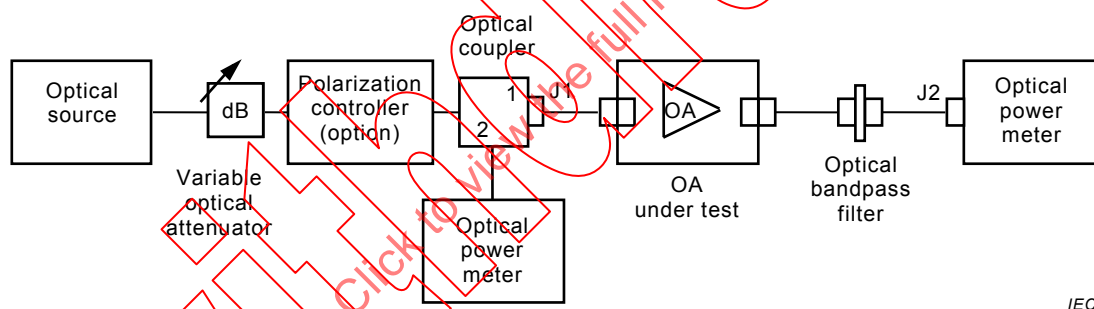
IEC

Figure 1a) Measurement of input signal power



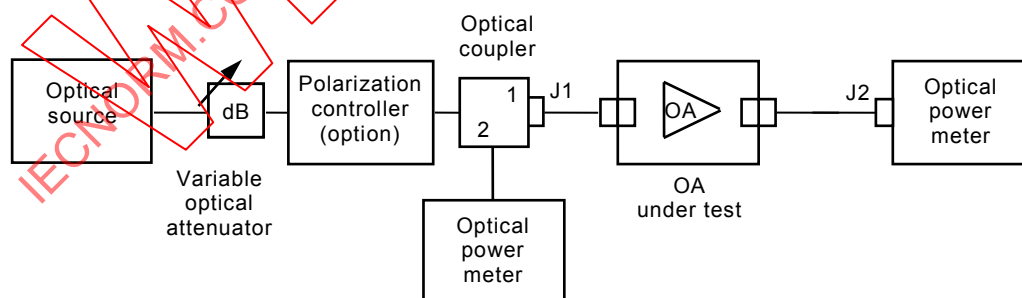
IEC

Figure 1b) Measurement of optical bandpass filter loss and jumper loss



IEC

Figure 1c) Measurement of output signal power and gain



IEC

Figure 1d) Measurement of total output power

Figure 1 – Typical arrangement of optical power meter test apparatus for measurement

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

- a) *optical source*: The optical source shall be either at fixed wavelength or wavelength-tuneable.

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

The suppression ratio for the side modes for the DFB laser, the DBR laser or the ECL shall be higher than 30 dB ($\pm$). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB ($\pm$), which may be better attainable with an optical isolator at the output port of the optical source. Spectral broadening at the foot of the lasing spectrum shall be minimal for laser sources, and the ratio of the source power to total spontaneous emission power of the laser shall be more than 30 dB.

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

Standard optical fibres defined in IEC 60793-2-50, B1 are recommended. However, other fiber type may be used as input/output fiber. In this case, the type of fibre will be considered.

- g) *optical connectors*: The connection loss repeatability shall be better than $\pm 0,2$ dB. The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB ($\pm$).
- h) *optical bandpass filter*: The optical bandwidth (FWHM) of this device shall be less than 3 nm ($\pm$). It shall be either wavelength-tuneable or an appropriate set of fixed bandpass filters. During measurement, the difference between the centre wavelength of this

bandwidth and the optical source centre wavelength shall be no more than 1,5 nm ($\pm$). The PDL of the bandpass filter shall be less than 0,2 dB ($\pm$). The reflectance from this device shall be smaller than –40 dB ($\pm$).

NOTE 1 Optimization of optical band pass filter spectral width is discussed in Annex A.

- i) *optical coupler*: The polarization dependence of the branching ratio of the coupler shall be less than 0,1 dB ($\pm$). Any unconnected port of the coupler shall be properly terminated, in such a way as to decrease the reflectance below –40 dB ($\pm$).

NOTE 2 The change of the state of polarization of the input light is typically negligible.

- j) *wavelength meter*: It shall have a wavelength measurement accuracy better than 0,1 nm ($\pm$). If the optical source is so calibrated that the accuracy of the wavelength is better than 0,1 nm ($\pm$), the wavelength meter is not necessary.

5 Test sample

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

For all parameter measurements except polarization-dependent gain, care shall be taken to maintain the state of polarization of the input light during the measurement. Changes in the polarization state of the input light may result in input optical power changes because of the slight polarization dependency expected from all the optical components used, thus leading to measurement errors.

6 Procedure

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

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

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

NOTE 1 In large-signal conditions, the measurement of the ASE power is sometimes omitted.

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

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

Instantly applying signal light into the active OA can cause the generation of an optical surge which may damage the optical components. The input signal shall have sufficiently small power to prevent the optical surge, when it is launched to the OA initially. The input power shall be gradually increased to the specified level.

- 6) Keep the optical signal power at the OA input constant (P_{in}) during the following measurements, by monitoring the second output port of the coupler and, if necessary, setting the variable optical attenuator in such a way that the optical power (P_o) exiting the second output port of the optical coupler remains constant.
- 7) Connect the fibre jumpers to the input and output port of the OA under test, as shown in Figure 1(c) and evaluate the optical output power (P_{out}) with input signal.

In the case using the polarization controller, the following procedure shall be adapted.

- 8) Set the polarization controller at a given state of polarization as specified in the relevant detail specification; activate the OA, and monitor, by means of the optical power meter, the optical signal power at the output of the OA, for the specified period of time, recording the minimum value.
- 9) Change the state of polarization of the input signal by means of the polarization controller, trying to measure maximum and minimum output optical signal powers with the optical power meter, and repeat procedure 8).
- 10) Repeat procedure 9) for the different states of polarization indicated in the relevant detail specification and, finally, take the absolute minimum and maximum output optical signal powers recorded in the various conditions: $P_{out-min}$ and $P_{out-max}$.

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

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

- b) *Gain and polarization dependent gain:* As from procedures 1) to 7) in a), but this method permits determination of the gain through the measurements of the OA input signal power P_{in} and the OA output power P_{out} , taking into account the OA amplified spontaneous emission (ASE) power P_{ASE} at the signal wavelength.

- 11) Repeat procedures 5) to 7), with increasing input signal power gradually to the maximum input signal power given in the relevant detail specification. Maintain the pump power or pump current with the firstly set point. Polarization-dependent gain: as in a), but this parameter is determined through the measurements of the OA input signal power, P_{in} , the OA output power, $P_{out-min}$ and $P_{out-max}$, taking into account the OA amplified spontaneous emission (ASE) power, P_{ASE} at the signal wavelength, by repeating all procedures at different states of polarization as specified in the relevant detail specification.

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

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

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

The polarization-dependent loss of the optical connector shall be less than 0,2 dB ($\pm$).

- c) *Maximum output signal power:* As in a), but this parameter is determined by repeating all procedures at different wavelengths specified in the detailed specification, and replace procedures 1), 4), 5) with the following.

- 1) Set the wavelength-tuneable optical source at a test wavelength within the specified wavelength range, measuring the input signal wavelength (e.g. with a wavelength meter).
- 4) Activate OA and adjust the maximum pump power or maximum pump current of OA to the nominal condition as specified in the relevant detail specification. When the OA under test is integrated with control circuitry, the OA shall be tested with constant pump power mode or constant pump current mode.
- 5) Set the optical source and the variable optical attenuator in such a way as to provide, at the input port of the OA, the maximum input optical signal power P_{in-max} specified in the relevant detail specification. Record the optical power P_o measured with an optical power meter at the other (second) output port of the optical coupler, as shown in Figure 1(a).

Instantly applying signal light into the active OA can cause the generation of an optical surge which may damage the optical components. The input signal shall have sufficiently small power to prevent the optical surge, when it is launched into the OA initially. The input power shall be gradually increased to the specified level.

- d) *Maximum total output power:* The maximum total output power is given by the highest optical power level at the output port of the OA operating within the absolute maximum ratings. To find this maximum value, input and output signal power levels shall be continuously monitored for a given duration of time and in presence of changes in the state of polarization and other instabilities, as specified in the relevant detail specification. The measurement procedures described below shall be followed, with reference to Figure 1.

- 12) Measure the branching ratio of the optical coupler through the signal power levels exiting the two output ports with an optical power meter.
- 13) Set the optical source and the variable optical attenuator in such a way as to provide, at the input port of the OA, the maximum input optical signal power P_{in-max} specified in the relevant detail specification. Record the optical power P_o measured with an optical power meter at the other (second) output port of the optical coupler, as shown in Figure 1(a).

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

- 14) Keep the optical signal power at the OA input constant (P_{in-max}) during the following measurements by monitoring the second output port of the coupler and, if necessary, setting the variable optical attenuator in such a way that the optical power (P_o) exiting the second output port of the optical coupler remains constant.
- 15) Connect the fibre jumpers to the input and output port of the OA under test, as shown in Figure 1(d) and activate OA and adjust the maximum pump power or maximum pump current of OA to the absolute maximum ratings, given in the relevant detail specification. When the OA under test is integrated with control circuitry, the OA shall be tested with constant pump power mode or constant pump current mode, and evaluate the optical output power ($P_{total-out}$) with input signal.

If the polarization controller is used, procedures 5), 6), 7) shall be followed.

- 16) Set the polarization controller at a given state of polarization as specified in the relevant detail specification; activate the OA, and monitor, by means of the optical power meter, the optical signal power at the output of the OA, for the specified period of time, recording the minimum value.

17) Change the state of polarization of the input signal by means of the polarization controller, trying to measure maximum and minimum output optical powers with the optical power meter, and repeat procedure 5).

18) Repeat procedure 6) for the different states of polarization indicated in the relevant detail specification, and finally take the absolute minimum and maximum output optical powers recorded in the various conditions: $P_{\text{total-out-min}}$ and $P_{\text{total-out-max}}$.

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

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

7 Calculation

- a) **Nominal output signal power:** The nominal output signal power $P_{\text{sig-out-nom}}$ (in dBm) shall be calculated as

$$P_{\text{sig-out-nom}} = 10 \log_{10} (P_{\text{out}} - P_{\text{ASE}}) + L_{\text{bj}} \quad (\text{dBm}) \quad (1)$$

where

P_{out} is the recorded absolute value of output optical signal power (in mW);

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

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

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

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

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

$$G = (P_{\text{out}} - P_{\text{ASE}}) / P_{\text{in}} \quad (\text{linear units}) \quad (2)$$

or as

$$G = 10 \log_{10} [(P_{\text{out}} - P_{\text{ASE}}) / P_{\text{in}}] \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

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

NOTE 3 The small-signal regime is when the OA under test operates in the linear regime, while the large-signal regime is in the saturated regime. The distinction between small-signal and large-signal regimes can be confirmed by plotting G versus the input signal power. The linear regime demands the time-averaged input signal power to be in the range in which the gain is quite independent from it (see IEC 61290-1). An input signal power ranging from –30 dBm to –40 dBm is generally well within this range. In the saturated regime, the signal power is large enough to well suppress the ASE.

NOTE 4 The measurement error can be better than $\pm 0,2$ dB ($\pm$), depending mainly on the uncertainty of the optical power meter.

- c) *Polarization-dependent gain*: Calculate the gain values at the different states of polarization as described in b). Calculations are processed using the following procedure.
- 1) Calculate the gain values at the different states of polarization, as in b).
 - 2) Identify the maximum $G_{\text{max-pol}}$ and the minimum $G_{\text{min-pol}}$ gain as the highest and the lowest of all these gain values, respectively.
 - 3) The polarization-dependent gain ΔG_{pol} shall be calculated as follows

$$\Delta G_{\text{pol}} = G_{\text{max-pol}} - G_{\text{min-pol}} \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

NOTE 5 $G_{\text{min-pol}}$ is defined as the same as G in b). $G_{\text{max-pol}}$ is defined as G in which $P_{\text{out-min}}$ is replaced by $P_{\text{out-max}}$.

NOTE 6 ΔG_{pol} does not necessarily indicate the possible maximum variation of the polarization dependency. This is because the attenuation through the OA under test is maximum only when each input state of polarization simultaneously yields maximum attenuation for each component in the OA under test.

NOTE 7 The measurement error can be better than $\pm 0,5 \text{ dB}$ ($\pm$), depending mainly on the optical power meter polarization dependency.

The input signal power at which the parameter is specified and measured should be stated. Larger input power is recommended considering the ASE factor contained in the output power.

- d) *Maximum output signal power*: Calculate the maximum output signal power $P_{\text{sig-out-max}}$ (in dBm) as in a).
- e) *Maximum total output power*: The maximum total output power $P_{\text{out-max}}$ (in dBm) shall be calculated as

$$P_{\text{out-max}} = 10 \log_{10} (P_{\text{out-max}}) \quad (\text{dBm}) \quad (5)$$

where

$P_{\text{out-max}}$ is the recorded absolute maximum value of output optical power (in mW).

8 Test results

a) Nominal optical signal power

The following details shall be presented:

- 1) arrangement of the test set-up
 - 2) spectral linewidth (FWHM) of the optical source
 - 3) indication of the optical pump power and possibly driving current of pump lasers for OFAs, and injection current for SOAs (if applicable)
 - 4) operating temperature (if required)
 - 5) input signal optical power P_{in}
 - 6) FWHM of the optical bandpass filter
 - 7) central wavelength of the optical bandpass filter
 - 8) wavelength of the measurement
 - 9) nominal optical signal power levels $P_{\text{sig-out-nom}}$
 - 10) change in the state of polarization given to the input signal light
- b) *Gain*: The details 1) to 8), previously listed for the nominal optical signal power levels, shall be presented and, in addition
- 11) gain
- Parameters 5) and 9) may be replaced with the gain versus input optical signal power curve.

Parameters 8) and 10) may be replaced with the gain versus input signal wavelength curve.

- c) *Polarization-dependent gain*: The details 1) to 8), previously listed for the gain, shall be presented and, in addition
 - 12) polarization dependency of the optical power meter uncertainty
 - 13) the maximum and minimum gain, $G_{\text{max-pol}}$ and $G_{\text{min-pol}}$
 - 14) polarization-dependent gain
 - 15) change in the state of polarization given to the input signal light
- d) *Maximum output signal power*: The details 1) to 8), previously listed for the gain, shall be presented and, in addition
 - 16) maximum output signal power $P_{\text{sig-out-max}}$
- e) *Maximum total output power*: The details 1) to 8), previously listed for the gain, shall be presented and, in addition
 - 17) maximum total output power $P_{\text{out-max}}$

Withd 2015
 IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61290-1-3:2015

Annex A (informative)

Optimization of optical bandpass filter spectral width

The measurement uncertainty of this method depends on the choice of the band pass filter, e.g. in terms of the spectral width (FWHM). In fact, as mentioned, the purpose of this filter is to cancel the ASE contribution from the measurement. As such, it is intuitive that the smaller the filter FWHM is chosen the greater is the ASE cancellation and hence the measurement uncertainty. However, if the filter spectral width is excessively narrow, problems of alignment between the filter central frequency and the signal frequency can arise, leading to stability problems which can be detrimental to measurement uncertainty. These considerations indicate that an optimal spectral width of the filter should be chosen to minimize the measurement uncertainty.

A possible procedure to determine such an optimal filter is to calibrate this optical power meter (OPM) method with the OSA technique (see IEC 61290-1-1), intrinsically more accurate. For a given OA typology, OPM measurements using successively different filters (with FWHM e.g. from 1 nm to 5 nm) can be compared with an OSA measurement. The optimal band pass filter to be chosen will be the one which minimizes the difference between the results from the two measurement methods.

For example, applying this calibration procedure in a numerically simulated case, the use of a band pass filter of Lorentzian type with FWHM of 2 nm demonstrated to sufficiently cancel the effect of ASE and achieve a difference with respect to OSA measurements result less than only 0,05 dB. This difference increased to approximately 0,15 dB for a filter with FWHM of 5 nm. It should be noted that, while the effect of ASE can be accurately evaluated in small-signal regime, even in large-signal regime, notwithstanding less accurate evaluation of ASE power, the portion of ASE power becomes less significant with respect to the signal power. As a result, an accurate OPM measurement can be maintained over entire input signal levels by choosing an optimally narrow FWHM of band pass filter.

Bibliography

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

IEC 60874-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*

IEC 61290-1-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 1-1: Power and gain parameters – Optical spectrum analyzer method*

IEC 61290-10 (all parts), *Optical amplifiers – Test methods – Part 10: Multichannel parameters*

IEC TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61290-1-3:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes, définitions et abréviations	22
3.1 Termes et définitions	22
3.2 Abréviations	22
4 Appareillage	22
5 Échantillon d'essai	25
6 Procédure	25
7 Calculs	29
8 Résultats de l'essai	30
Annexe A (informative) Optimisation de la largeur spectrale du filtre passe-bande optique	32
Bibliographie	33
Figure 1 – Configuration typique de l'appareillage d'essai de mesure de la puissance optique pour les mesurages	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

**Partie 1-3: Paramètres de puissance et de gain –
Méthode par appareil de mesure de la puissance optique**

AVANT-PROPOS

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

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

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) La description détaillée de la plupart des paramètres figure dans l'IEC 61290-1 et a donc été supprimée de la présente partie;
- b) La description de la puissance maximale du signal de sortie et celle de la puissance totale de sortie maximale sont ajoutées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86C/1255/CDV	86C/1292/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61290, publiées sous le titre général *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai*¹⁾ est disponible sur le site web de l'IEC.

Cette Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61290-1.

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

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

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*.

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 1-3: Paramètres de puissance et de gain – Méthode par appareil de mesure de la puissance optique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61290-1 s'applique à tous les amplificateurs optiques (AO) et sous-systèmes à amplification optique, disponibles sur le marché. Elle s'applique aux AO utilisant des fibres pompées optiquement (AFO basé sur des fibres dopées aux terres rares ou sur l'effet Raman), des semiconducteurs (AOS), et des guides d'ondes (POWA).

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

L'objet de la présente partie de l'IEC 61290-1 est d'établir des exigences uniformes pour des mesurages précis et fiables, par le biais de la méthode d'essai par appareil de mesure de la puissance optique, des paramètres d'AO donnés ci-dessous, tels qu'ils sont définis dans l'IEC 61291-1:

- a) puissance nominale du signal de sortie;
- b) gain;
- c) gain en fonction de la polarisation;
- d) puissance maximale du signal de sortie;
- e) puissance totale de sortie maximale.

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

La présente partie de l'IEC 61290-1 s'applique aux amplificateurs à un seul canal. Pour les amplificateurs à canaux multiples, la série IEC 61290-10 s'applique.

2 Références normatives

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

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

IEC 61290-1, Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 1: Paramètres de puissance et de gain

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

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

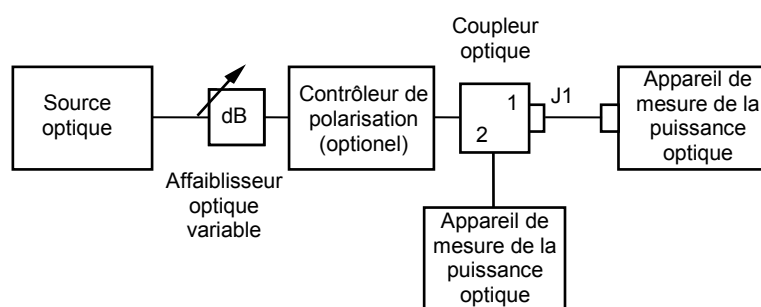
Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61291-1 s'appliquent.

3.2 Abréviations

AFO	amplificateur à fibres optiques
AO	amplificateur optique
AOS	amplificateur optique à semiconducteur
ASO	analyseur de spectre optique
DBR	réflecteur de Bragg distribué (<i>distributed Bragg reflector</i>) (diode laser)
DFB	rétroaction distribuée (<i>distributed feedback</i>) (diode laser)
ECL	laser à cavité externe (<i>external cavity laser</i>) (diode)
ESA	émission spontanée amplifiée
FWHM	largeur à mi-hauteur (<i>full width at half maximum</i>)
LED	diode électroluminescente (<i>light emitting diode</i>)
PDL	perte dépendant de la polarisation (<i>polarization dependent loss</i>)
POWA	amplificateur à guide d'onde optique planaire (<i>planar optical waveguide amplifier</i>)

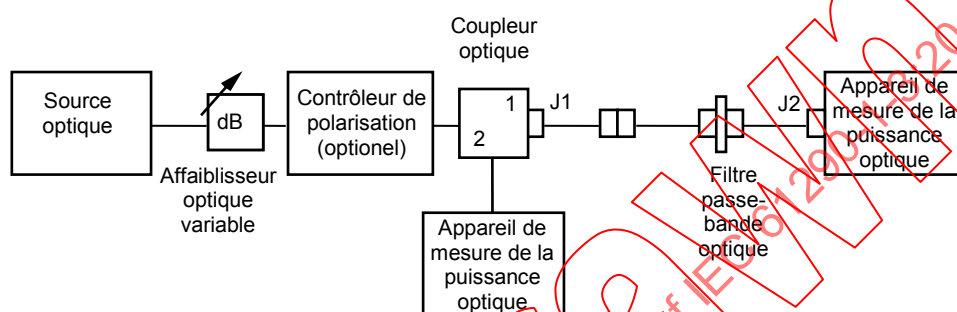
4 Appareillage

Un schéma de l'installation de mesure est fourni à la Figure 1.



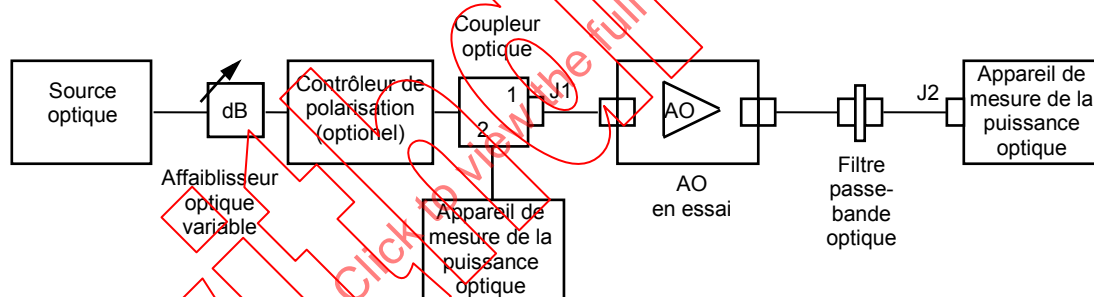
IEC

Figure 1a) Mesurage de la puissance du signal d'entrée



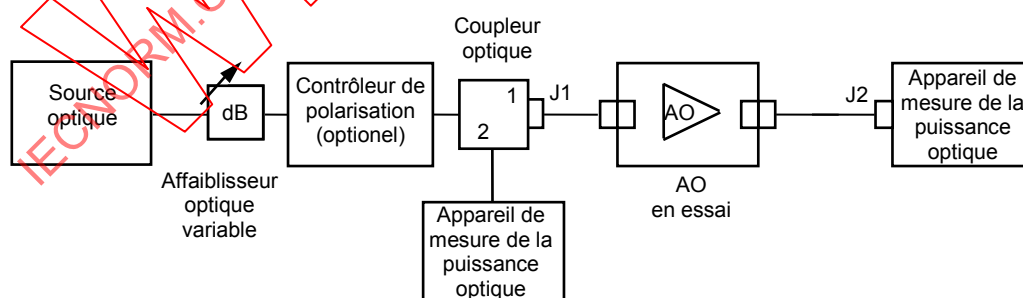
IEC

Figure 1b) Mesurage des pertes du filtre passe-bande optique et des pertes des jarretières



IEC

Figure 1c) Mesurage de la puissance du signal de sortie et du gain



IEC

Figure 1d) Mesurage de la puissance totale de sortie

Figure 1 – Configuration typique de l'appareillage d'essai de mesure de la puissance optique pour les mesurages

Le matériel d'essai énuméré ci-dessous est nécessaire avec les caractéristiques exigées.

- a) *source optique*: La source optique doit être de longueur d'onde fixe, ou de longueur d'onde accordable:

- *source optique de longueur d'onde fixe*: Cette source optique doit générer un rayonnement lumineux avec une longueur d'onde et une puissance optique spécifiées dans la spécification particulière correspondante. Sauf spécification contraire, la source optique doit émettre une onde continue avec une largeur spectrale à mi-hauteur (FWHM) inférieure à 1 nm ($\pm$). Une diode laser à rétroaction distribuée (DFB), un laser à réflecteur de Bragg distribué (DBR), une diode laser à cavité externe (ECL), une diode électroluminescente (LED) avec un filtre à bande étroite et un laser à raie unique peuvent être utilisés, par exemple.

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

- *source optique de longueur d'onde accordable*: Cette source optique doit pouvoir générer un rayonnement lumineux de longueur d'onde accordable dans la plage spécifiée dans la spécification particulière applicable. Sa puissance optique doit être indiquée dans la spécification particulière correspondante. Sauf spécification contraire, la source optique doit émettre une onde continue avec une largeur spectrale à mi-hauteur (FWHM) inférieure à 1 nm ($\pm$). Un ECL ou une LED, par exemple, avec un filtre optique passe-bande étroit, peut être utilisé(e). Le taux de suppression des modes latéraux pour l'ECL doit être supérieur à 30 dB ($\pm$). La variation de la puissance de sortie doit être inférieure à 0,05 dB, ce qui peut être plus facilement réalisable avec un isolateur optique placé au niveau du port de sortie de la source optique. L'élargissement spectral au pied du spectre de l'émission laser doit être minimal pour les sources laser, et le rapport de la puissance de la source sur la puissance due à l'émission spontanée totale du laser doit être supérieur à 30 dB.
- b) *appareil de mesure de la puissance optique*: Il doit avoir une précision de mesure meilleure que $\pm 0,2$ dB, sans tenir compte de l'état de polarisation dans la largeur de bande de longueur d'onde opérationnelle de l'AO. La puissance d'entrée optique maximale doit être suffisamment élevée [par exemple, +20 dBm ($\pm$)]. La sensibilité doit être suffisamment élevée [par exemple, -40 dBm ($\pm$)]. Une plage dynamique dépassant le gain mesuré est nécessaire (par exemple 40 dB);
- c) *isolateur optique*: Des isolateurs optiques peuvent être utilisés en entrée et en sortie de l'AO. La variation des pertes dépendant de la polarisation (PDL) de l'isolateur doit être meilleure que 0,2 dB ($\pm$). L'isolation optique doit être meilleure que 40 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port.
- d) *affaiblisseur optique variable*: La plage d'affaiblissement et la stabilité doivent être respectivement au-dessus de 40 dB ($\pm$) et meilleure que $\pm 0,1$ dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port.
- e) *contrôleur de polarisation*: Ce dispositif doit être capable de fournir un signal lumineux d'entrée à tous les états de polarisation possibles (par exemple les états linéaire, elliptique et circulaire). Par exemple, le contrôleur de polarisation peut consister soit en un polariseur linéaire suivi d'un contrôleur de polarisation pour tout type de fibre, soit en un polariseur linéaire suivi d'une lame quart d'onde orientable à 90 ° au minimum et d'une lame demi-onde orientable à 180 ° au minimum. La variation des pertes du contrôleur de polarisation doit être inférieure à 0,2 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port. L'utilisation d'un contrôleur de polarisation est considérée comme optionnelle, sauf pour la mesure du gain en fonction de la polarisation, mais peut être nécessaire pour obtenir la précision souhaitée pour les dispositifs d'AO présentant un gain dépendant de la polarisation significatif.
- f) *jarretières en fibre optique*: Il convient que le diamètre du champ de mode des jarretières en fibre optique utilisées soit aussi proche que possible de celui des fibres servant de ports d'entrée et de sortie de l'AO. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$) à chaque port, et la longueur de la jarretière doit être inférieure à 2 m.

Les fibres optiques standards B1 définies dans l'IEC 60793-2-50 sont recommandées. Cependant, d'autres types de fibres peuvent être utilisés comme fibre d'entrée/sortie. Dans ce cas, ces types de fibres seront considérés.

- g) *connecteurs optiques*: La répétabilité des pertes de connexion doit être meilleure que $\pm 0,2$ dB. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$).
- h) *filtre passe-bande optique*: La largeur de bande optique (FWHM) de ce dispositif doit être inférieure à 3 nm ($\pm$). Le dispositif doit être soit accordable en longueur d'onde, soit être constitué d'un ensemble approprié de filtres passe-bande fixes. Au cours de la mesure, la différence entre la longueur d'onde centrale de cette largeur de bande et la longueur d'onde centrale de la source optique ne doit pas être supérieure à 1,5 nm ($\pm$). La perte dépendant de la polarisation du filtre passe-bande doit être inférieure à 0,2 dB ($\pm$). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB ($\pm$).

NOTE 1 L'optimisation de la largeur spectrale du filtre passe-bande optique est exposée à l'Annexe A.

- i) *coupleur optique*: La dépendance en polarisation du taux de couplage du coupleur doit être inférieure à 0,1 dB ($\pm$). Tout port non connecté du coupleur doit être raccordé correctement, de façon à diminuer la réflectance en dessous de -40 dB ($\pm$).

NOTE 2 Un changement de l'état de polarisation du rayonnement lumineux d'entrée est typiquement négligeable.

- j) *appareil de mesure de longueurs d'onde*: Sa précision de mesure en longueurs d'onde doit être meilleure que 0,1 nm ($\pm$). Si la source optique est étalonnée de telle sorte que la précision de la longueur d'onde soit meilleure que 0,1 nm ($\pm$), le mesureur de longueur d'onde n'est pas nécessaire.

5 Échantillon d'essai

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

Pour tous les mesurages des paramètres, à l'exception du gain en fonction de la polarisation, des précautions doivent être prises pour maintenir l'état de polarisation du rayonnement lumineux en entrée pendant le mesurage. Des modifications de l'état de polarisation du rayonnement lumineux en entrée peuvent entraîner des variations de la puissance optique d'entrée du fait de la légère dépendance à l'égard de la polarisation de tous les composants optiques utilisés, conduisant ainsi à des erreurs de mesure.

6 Procédure

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

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

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

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

NOTE 1 Dans des conditions de grand signal, le mesurage de la puissance de l'ESA est parfois omis.

NOTE 2 Pour des considérations concernant l'incertitude des mesures, se reporter au dernier alinéa de l'Annexe A, qui traite de l'optimisation de la largeur spectrale du filtre optique passe-bande.

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

Le fait d'appliquer instantanément le signal lumineux dans l'AO actif peut entraîner la génération d'une impulsion optique pouvant endommager les composants optiques. Le signal d'entrée doit posséder une puissance suffisamment faible pour empêcher cette impulsion optique, lorsqu'il est envoyé initialement dans l'AO. La puissance d'entrée doit être élevée progressivement au niveau spécifié.

- 6) Maintenir la puissance du signal optique constante au niveau de l'entrée de l'AO (P_{in}) au cours des mesures suivantes, en contrôlant le deuxième port de sortie du coupleur et, si nécessaire, en réglant l'affaiblisseur optique variable de telle sorte que la puissance optique (P_o) sortant du deuxième port de sortie du coupleur optique reste constante.
- 7) Connecter les jarretières en fibre optique aux ports d'entrée et de sortie de l'AO en essai, comme représenté à la Figure 1(c) et évaluer la puissance de sortie optique (P_{out}) avec le signal d'entrée.

Dans les cas où un contrôleur de polarisation est utilisé, la procédure suivante doit être adaptée.

- 8) Régler le contrôleur de polarisation à un état donné de polarisation, comme spécifié dans la spécification particulière applicable; activer l'AO, et contrôler, au moyen de l'appareil de mesure de la puissance optique, la puissance du signal optique à la sortie de l'AO, pour la durée spécifiée, en enregistrant la valeur minimale.
- 9) Modifier l'état de polarisation du signal d'entrée au moyen du contrôleur de polarisation, en essayant de mesurer les puissances de sortie maximale et minimale du signal optique avec l'appareil de mesure de la puissance optique, et répéter l'étape 8).
- 10) Répéter l'étape 9) pour les différents états de polarisation indiqués dans la spécification particulière applicable, et noter les puissances de sortie minimale et maximale absolues du signal optique enregistrées dans les différentes conditions: $P_{out-min}$ et $P_{out-max}$.

Les connecteurs optiques J1 et J2 ne doivent pas être démontés pendant le mesurage, afin d'éviter les erreurs de mesurage dues aux reconnections.

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

Toutefois, si ce type de filtre optique est déjà intégré dans l'AO, le filtre optique externe n'est pas nécessaire. L'efficacité du filtre passe-bande optique est davantage examinée à l'Annexe A.

- b) *Gain et gain dépendant de la polarisation*: Comme pour les étapes 1) à 7) en a), mais cette méthode permet la détermination du gain par les mesures de la puissance du signal d'entrée de l'AO, P_{in} , et de la puissance de sortie de l'AO, P_{out} , en prenant en compte la puissance de l'émission spontanée amplifiée (ESA) de l'AO, P_{ASE} , à la longueur d'onde du signal.

11) Répéter les étapes 5) à 7), en augmentant progressivement la puissance du signal d'entrée à la puissance maximale du signal d'entrée figurant dans la spécification particulière correspondante. Maintenir la puissance de pompage ou le courant de pompage avec la valeur consigne donnée en premier. *Gain en fonction de la polarisation*: comme en a), mais ce paramètre est déterminé par les mesurages de la puissance du signal d'entrée de l'AO, P_{in} , de la puissance de sortie de l'AO, $P_{out-min}$ et $P_{out-max}$, en tenant compte de la puissance d'émission spontanée amplifiée (ESA) de l'AO, P_{ASE} , à la longueur d'onde du signal, en répétant toutes les étapes à différents états de polarisation, comme spécifié dans la spécification particulière applicable.

L'état de polarisation du signal d'entrée doit être modifié après chaque mesurage de P_{in} , P_{out} et P_{ASE} à l'aide du contrôleur de polarisation, de telle sorte qu'en principe, pratiquement tous les états de polarisation soient successivement envoyés dans le port d'entrée de l'AO en essai.

Le contrôleur de polarisation doit fonctionner comme spécifié dans la spécification particulière correspondante. Une possibilité, en utilisant un polariseur linéaire suivi d'une lame quart d'onde tournante, est la suivante: le polariseur linéaire est ajusté de telle sorte que la puissance de sortie de l'AO soit maximale; la lame quart d'onde est ensuite soumise à rotation d'au minimum 90° , pas à pas. À chaque pas, la lame demi-onde est soumise à rotation d'au minimum 180° , pas à pas.

Une courte jarretière optique à l'entrée de l'AO doit être utilisée, maintenue aussi droite que possible, afin de réduire les modifications d'état de polarisation induites dans la jarretière par d'éventuelles contraintes et anisotropies.

La perte dépendant de la polarisation du connecteur optique doit être inférieure à 0,2 dB (±).

- c) *Puissance maximale du signal de sortie*: Comme en a), mais ce paramètre est déterminé en répétant toutes les étapes à différentes longueurs d'onde spécifiées dans la spécification particulière, et remplacer les étapes 1), 4), 5) par les suivantes.

- 1) Régler la source optique de longueur d'onde accordable à une longueur d'onde d'essai comprise dans la plage de longueurs d'onde spécifiée, en mesurant la longueur d'onde du signal d'entrée (par exemple avec un mesureur de longueur d'onde).
- 4) Activer l'amplificateur optique et ajuster la puissance de pompage maximale ou le courant de pompage maximal de l'AO sur la condition nominale, tel que cela est spécifié dans la spécification particulière correspondante. Lorsque l'AO en essai est intégré à des circuits de commande, l'AO doit être soumis aux essais en mode de puissance de pompage constante ou en mode de courant de pompage constant.
- 5) Régler la source optique et l'affaiblisseur optique variable de manière à obtenir, au port d'entrée de l'AO, la puissance du signal optique d'entrée maximale P_{in-max} spécifiée dans la spécification particulière applicable. Enregistrer la puissance optique P_o mesurée avec un appareil de mesure de la puissance optique à l'autre (deuxième) port de sortie du coupleur optique, comme représenté à la Figure 1(a).

Le fait d'appliquer instantanément le signal lumineux dans l'AO actif peut entraîner la génération d'une impulsion optique pouvant endommager les composants optiques. Le signal d'entrée doit posséder une puissance suffisamment faible pour empêcher cette impulsion optique, lorsqu'il est envoyé initialement dans l'AO. La puissance d'entrée doit être augmentée progressivement au niveau spécifié.

- d) *Puissance totale de sortie maximale*: La puissance totale de sortie maximale est fournie par le niveau le plus élevé de la puissance optique au port de sortie de l'AO fonctionnant à l'intérieur des valeurs maximales absolues. Pour trouver cette valeur minimale, les

niveaux de puissance du signal d'entrée et du signal de sortie doivent être contrôlés continuellement pendant une durée donnée et en présence de modifications de l'état de polarisation et d'autres instabilités, comme spécifié dans la spécification particulière applicable. Les étapes de mesure décrites ci-dessous doivent être suivies, avec référence à la Figure 1.

- 12) Mesurer le taux de couplage du coupleur optique par le biais des niveaux de puissance du signal sortant des deux ports de sortie avec un appareil de mesure de la puissance optique.

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

Le fait de placer le signal lumineux dans l'AO actif peut entraîner la génération d'une impulsion optique pouvant endommager les composants optiques. Le signal d'entrée doit posséder une puissance suffisamment faible pour empêcher cette impulsion optique, lorsqu'il est envoyé dans l'AO au début. Et la puissance d'entrée doit être augmentée progressivement jusqu'à un certain niveau.

- 14) Maintenir la puissance du signal optique constante au niveau de l'entrée de l'AO (P_{in-max}) au cours des mesurages suivants, en contrôlant le deuxième port de sortie du coupleur et, si nécessaire, en réglant l'affaiblisseur optique variable de telle sorte que la puissance optique (P_o) sortant du deuxième port de sortie du coupleur optique reste constante.

- 15) Connecter les jarretières en fibre optique aux ports d'entrée et de sortie de l'AO en essai, comme indiqué à la Figure 1(d) et activer l'AO puis ajuster la puissance de pompage maximale ou le courant de pompage maximal de l'AO aux caractéristiques maximales absolues, ainsi que l'indique la spécification particulière correspondante. Lorsque l'amplificateur optique en essai est intégré à des circuits de commande, l'amplificateur optique doit être soumis aux essais en mode de puissance de pompage constante ou en mode de courant de pompage constant, et évaluer la puissance de sortie optique ($P_{total-out}$) avec le signal d'entrée.

Si un contrôleur de polarisation est utilisé, les étapes 5), 6), 7) doivent être suivies.

- 16) Régler le contrôleur de polarisation à un état donné de polarisation, comme spécifié dans la spécification particulière applicable; activer l'AO, et contrôler, au moyen de l'appareil de mesure de la puissance optique, la puissance du signal optique à la sortie de l'AO, pour la durée spécifiée, en enregistrant la valeur minimale.
- 17) Modifier l'état de polarisation du signal d'entrée au moyen du contrôleur de polarisation, en essayant de mesurer les puissances optiques de sortie maximale et minimale avec l'appareil de mesure de la puissance optique, et répéter l'étape 5).
- 18) Répéter l'étape 6) pour les différents états de polarisation indiqués dans la spécification particulière applicable, et noter les puissances optiques de sortie minimale et maximale absolues enregistrées dans les différentes conditions: $P_{total-out-min}$ et $P_{total-out-max}$.

Les connecteurs optiques J1 et J2 ne doivent pas être démontés pendant le mesurage, afin d'éviter les erreurs de mesurage dues aux reconnections.

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