



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Optical amplifiers – Test methods –
Part 10-5: Multichannel parameters – Distributed Raman amplifier gain and
noise figure**

**Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai –
Partie 10-5: Paramètres à canaux multiples – Gain et facteur de bruit des
amplificateurs Raman répartis**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 33.180.30

ISBN 978-2-8322-1581-4

**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 and object.....	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions and abbreviations	6
3.1 Terms and definitions.....	6
3.2 Abbreviated terms.....	7
4 DRA gain and noise figure parameters – Overview	7
5 Apparatus.....	9
5.1 General.....	9
5.2 Multi-channel signal source.....	10
5.3 Polarization controller	11
5.4 Optical spectrum analyser.....	11
5.5 Optical power meter.....	12
5.6 Tuneable narrowband source.....	12
5.7 Broadband optical source	12
5.8 Optical connectors and jumpers	12
6 Test sample.....	12
7 Procedure.....	12
7.1 Overview.....	12
7.1.1 Channel on-off gain	12
7.1.2 Pump module channel insertion loss and channel net gain	13
7.1.3 Channel equivalent noise figure (NF).....	13
7.2 Calibration	13
7.2.1 Calibration of optical bandwidth	13
7.2.2 Calibration of OSA power correction factor	15
7.3 Measurement.....	15
7.4 Calculation.....	17
7.4.1 Channel on-off gain	17
7.4.2 Channel net gain	17
7.4.3 Channel equivalent <i>NF</i>	17
8 Test results	17
Annex A (informative) Field measurements versus laboratory measurements	19
Annex B (informative) Pump depletion and channel-to-channel Raman scattering.....	20
Bibliography.....	21
Figure 1 – Distributed Raman amplification in co-propagating (left) and count-propagating (right) configurations	9
Figure 2 – Measurement set-up without a pump module.....	10
Figure 3 – Measurement set-up for counter-propagating configuration	10
Figure 4 – Measurement set-up for co-propagating configuration	10
Figure 5 – Possible implementation of a multi-channel signal source	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

Part 10-5: Multichannel parameters – Distributed Raman amplifier gain and noise figure

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 61290-10-5 has been prepared by 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

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

CDV	Report on voting
86C/1142/CDV	86C/1233/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*, can be found on the IEC website.

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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

Part 10-5: Multichannel parameters – Distributed Raman amplifier gain and noise figure

1 Scope and object

This part of IEC 61290 applies to distributed Raman amplifiers (DRAs). DRAs are based on the process whereby Raman pump power is introduced into the transmission fibre, leading to signal amplification within the transmission fibre through stimulated Raman scattering. A detailed overview of the technology and applications of DRAs can be found in IEC TR 61292-6.

A fundamental difference between these amplifiers and discrete amplifiers, such as EDFAs, is that the latter can be described using a black box approach with well-defined input and output ports. On the other hand, a DRA is basically a pump module, with the actual amplification process taking place along the transmission fibre. This difference means that standard methods described in other parts of IEC 61290 for measuring amplifier parameters, such as gain and noise figure, cannot be applied without modification.

The object of this standard is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements, using an optical spectrum analyser (OSA), of the following DRA parameters:

- a) channel on-off gain;
- b) pump unit insertion loss;
- c) channel net gain;
- d) channel signal-spontaneous noise figure.

The measurement method is largely based on the interpolated source subtraction (ISS) method using an optical spectrum analyser, as described and elaborated in IEC 61290-10-4, with relevant modifications relating to a DRA.

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

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

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

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

IEC 61291-4, *Optical amplifiers – Part 4: Multichannel applications – Performance specification template*

IEC TR 61292-4, *Optical amplifiers – Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
1 Domaine d'application et objet	25
2 Références normatives	25
3 Termes, définitions et termes et abréviations	26
3.1 Termes et définitions	26
3.2 Termes abrégés	27
4 Gain d'un DRA et paramètres du facteur de bruit – Vue d'ensemble	28
5 Appareillage	30
5.1 Généralités	30
5.2 Source de signal multicanaux	31
5.3 Appareil de commande de la polarisation	32
5.4 Analyseur de spectre optique	32
5.5 Appareil de mesure de la puissance optique	32
5.6 Source réglable à bande étroite	33
5.7 Source optique à large bande	33
5.8 Connecteurs optiques et jarretières	33
6 Échantillon d'essai	33
7 Procédure	33
7.1 Présentation	33
7.1.1 Gain du canal on-off	33
7.1.2 Affaiblissement d'insertion du canal du module de pompage et gain du canal net	34
7.1.3 Facteur de bruit (NF) équivalent du canal	34
7.2 Étalonnage	35
7.2.1 Étalonnage de la largeur de bande optique	35
7.2.2 Étalonnage du facteur de correction de puissance de l'ASO	36
7.3 Mesures	37
7.4 Calculs	38
7.4.1 Gain du canal on-off	38
7.4.2 Gain du canal net	38
7.4.3 <i>NF</i> (Facteur de bruit) équivalent du canal	39
8 Résultats des essais	39
Annexe A (informative) Mesures sur site par rapport aux mesures en laboratoire	41
Annexe B (informative) Appauvrissement de pompage et dispersion Raman canal à canal	42
Bibliographie	43
Figure 1 – Amplification Raman répartie dans des configurations de copropagation (à gauche) et de contre-propagation (à droite)	30
Figure 2 – Montage de mesure sans module de pompage	30
Figure 3 – Montage de mesure pour la configuration de contre-propagation	31
Figure 4 – Montage de mesure pour la configuration de copropagation	31
Figure 5 – Mise en œuvre possible d'une source de signal multicanaux	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 10-5: Paramètres à canaux multiples – Gain et facteur de bruit des amplificateurs Raman répartis

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 61290-10-5 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86C/1142/CDV	86C/1233/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 62190, publiées sous le titre général *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 10-5: Paramètres à canaux multiples – Gain et facteur de bruit des amplificateurs Raman répartis

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 61290 s'applique aux amplificateurs Raman répartis (DRA). Les DRA sont fondés sur un processus tel qu'une puissance de pompage Raman est introduite dans la fibre de transmission, conduisant à une amplification du signal au sein de la fibre de transmission par dispersion Raman stimulée. On peut trouver une vue d'ensemble détaillée de la technique et des applications des DRA dans l'IEC TR 61292-6.

Une différence fondamentale entre ces amplificateurs et les amplificateurs discrets, tels que les amplificateurs à fibres dopées à l'erbium (EDFA) est que ces derniers peuvent être décrits en utilisant une approche par boîte noire avec des ports d'entrée et de sortie bien définis. D'autre part, un DRA est fondamentalement un module de pompage, le processus d'amplification réel s'effectuant le long de la fibre de transmission. Cette différence signifie que les méthodes normalisées décrites dans les autres parties de l'IEC 61290 pour mesurer les paramètres des amplificateurs, tels que le gain et le facteur de bruit, ne peuvent pas être appliquées sans modification.

L'objet de la présente norme est d'établir des exigences uniformes afin d'obtenir des mesures précises et fiables des paramètres de DRA suivants, au moyen d'un analyseur de spectre optique (ASO):

- a) gain du canal en on-off;
- b) affaiblissement d'insertion de l'unité de pompage;
- c) gain du canal net;
- d) facteur de bruit signal/émission spontanée du canal.

La méthode de mesure est largement fondée sur la méthode *de* soustraction de source interpolée (ISS) utilisant un analyseur de spectre optique, telle que décrite et élaborée dans l'IEC 61290-10-4 avec des modifications appropriées relatives à un DRA.

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

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

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 60825-1, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

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

IEC 61291-4, *Amplificateurs optiques – Partie 4: Applications multicanaux – Modèle de spécification de fonctionnement*

IEC TR 61292-4, *Optical amplifiers – Part 4: Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers*
(disponible en anglais seulement)