

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Cable networks for television signals, sound signals and interactive services –
Part 106: Optical equipment for systems loaded with digital channels only**

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 106: Matériel optique pour systèmes soumis à une charge de porteuses
exclusivement numériques**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Cable networks for television signals, sound signals and interactive services –
Part 106: Optical equipment for systems loaded with digital channels only**

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 106: Matériel optique pour systèmes soumis à une charge de porteuses
exclusivement numériques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.060.40

ISBN 978-2-8322-7053-0

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviated terms.....	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Graphical symbols	16
3.3 Abbreviated terms.....	18
4 Methods of measurement	19
4.1 Measurement requirements.....	19
4.1.1 General	19
4.1.2 Input specification.....	19
4.1.3 Measurement conditions	19
4.2 Optical power.....	19
4.3 Loss, isolation, directivity and coupling ratio	19
4.3.1 General	19
4.3.2 Measurement requirements	19
4.3.3 Measurement procedure	20
4.4 Return loss	20
4.5 Saturation output power of an optical amplifier.....	20
4.5.1 Purpose.....	20
4.5.2 Measurement procedure	21
4.6 Centroidal wavelength and spectral width under modulation.....	21
4.7 Linewidth and chirping of transmitters with single mode lasers.....	21
4.7.1 Purpose.....	21
4.7.2 Equipment required	21
4.7.3 General measurement requirements	22
4.7.4 Measurement procedure	22
4.7.5 Potential sources of error	23
4.8 Optical modulation index.....	23
4.8.1 Purpose.....	23
4.8.2 Equipment required	23
4.8.3 Measurement procedure	23
4.8.4 Potential sources of error	24
4.9 Reference output level of an optical receiver.....	24
4.9.1 Purpose.....	24
4.9.2 Equipment required	25
4.9.3 General measurement requirements	25
4.9.4 Measurement procedure	25
4.9.5 Potential sources of error	25
4.10 Slope and flatness	26
4.10.1 Purpose.....	26
4.10.2 Equipment required	26
4.10.3 Measurement procedure	26
4.10.4 Potential sources of error	27
4.11 Transmitter non-linearity	27
4.11.1 Purpose.....	27

4.11.2	Equipment required	28
4.11.3	Measurement procedure	28
4.11.4	Potential sources of error	28
4.12	Receiver intermodulation	29
4.12.1	Purpose	29
4.12.2	Equipment required	29
4.12.3	General measurement requirements	29
4.12.4	Measurement procedure	29
4.12.5	Potential sources of error	31
4.13	Microscopic gain tilt of optical amplifiers	31
4.13.1	Purpose	31
4.13.2	Equipment required	31
4.13.3	Measurement procedure	31
4.13.4	Potential sources of error	32
4.14	Noise parameters of optical transmitters and optical receivers	32
4.14.1	Purpose	32
4.14.2	Equipment required	33
4.14.3	General measurement requirements	34
4.14.4	Measurement procedure	34
4.14.5	Relative intensity noise	37
4.14.6	Equivalent input noise current density	37
4.14.7	Potential sources of error	38
4.15	Method for combined measurement of relative intensity noise (RIN), optical modulation index and equivalent input noise current	38
4.15.1	Purpose	38
4.15.2	Equipment required	38
4.15.3	General measurement conditions	39
4.15.4	Measurement procedure	39
4.15.5	Potential sources of error	40
4.16	Noise figure of optical amplifiers	40
4.17	Influence of fibre	40
4.17.1	Purpose	40
4.17.2	Equipment required	40
4.17.3	Measurement procedure	40
4.17.4	Potential sources of error	40
4.18	SBS threshold	40
4.18.1	Purpose	40
4.18.2	Equipment required	41
4.18.3	Measurement procedure	41
4.18.4	Potential sources of error	41
4.19	Signal-to-crosstalk ratio (SCR)	41
4.19.1	Purpose	41
4.19.2	Equipment required	42
4.19.3	Measurement procedure	42
4.19.4	Potential sources of error	43
5	Universal performance requirements and recommendations	43
5.1	Safety	43
5.2	Electromagnetic compatibility (EMC)	43
5.3	Environmental	43

5.4	Marking.....	43
6	Active equipment.....	43
6.1	Optical transmitters.....	43
6.1.1	Data publication requirement.....	43
6.1.2	Recommendations.....	44
6.2	Optical receivers.....	44
6.2.1	Data publication requirements.....	44
6.2.2	Recommendations.....	44
6.3	Optical amplifiers.....	45
6.3.1	Data publication requirements.....	45
6.3.2	Recommendations for optical amplifiers.....	45
7	Passive equipment.....	46
	Bibliography.....	47
	Figure 1 – Tilt and microscopic gain tilt of optical amplifiers.....	12
	Figure 2 – Measurement of optical loss, directivity, isolation and coupling ratio.....	20
	Figure 3 – Saturation output power of an optical amplifier.....	21
	Figure 4 – Measurement of the chirping and the linewidth of transmitters.....	22
	Figure 5 – Measurement of the optical modulation index.....	24
	Figure 6 – Measurement of the reference output level of an optical receiver.....	25
	Figure 7 – Measurement of the slope and flatness.....	26
	Figure 8 – Evaluation of the slope.....	27
	Figure 9 – Evaluating the flatness.....	27
	Figure 10 – Equipment under test (EUT) for measuring non-linearity of optical transmitters.....	28
	Figure 11 – Arrangement of test equipment for measuring receiver intermodulation.....	30
	Figure 12 – Arrangement of test equipment for measuring microscopic gain tilt.....	31
	Figure 13 – System with internal noise sources.....	32
	Figure 14 – PIN diode receiver.....	33
	Figure 15 – Optical transmission system under test.....	34
	Figure 16 – Arrangement of test equipment for RF signal-to-noise ratio measurement.....	35
	Figure 17 – Measurement set-up for determination of the noise parameters and the optical modulation index.....	39
	Figure 18 – Arrangement for measuring the SBS threshold.....	41
	Figure 19 – Arrangement for measuring the SCR.....	42
	Table 1 – Noise correction factors C_n for different noise level differences D	36
	Table 2 – Recommendations for optical forward path transmitters.....	44
	Table 3 – Recommendations for optical return path transmitters.....	44
	Table 4 – Recommendations for optical receivers.....	45
	Table 5 – Parameters of optical amplifiers.....	45
	Table 6 – Recommendations for optical amplifiers.....	46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE NETWORKS FOR TELEVISION SIGNALS,
SOUND SIGNALS AND INTERACTIVE SERVICES –****Part 106: Optical equipment for systems loaded with digital channels only****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.

IEC 60728-106 has been prepared by technical area 5: Cable networks for television signals, sound signals and interactive services, of IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia systems and equipment. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
100/3899/FDIS	100/3923/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 60728 series, published under the general title *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-106:2023

INTRODUCTION

International Standards and other deliverables of the IEC 60728 series deal with cable networks, including equipment and associated methods of measurement for headend reception, processing and distribution of television and sound signals and for processing, interfacing and transmitting all kinds of data signals for interactive services using all applicable transmission media. These signals are typically transmitted in networks by frequency-multiplexing techniques.

This includes, for instance:

- regional and local broadband cable networks,
- extended satellite and terrestrial television distribution systems,
- individual satellite and terrestrial television receiving systems,

and all kinds of equipment, systems and installations used in such cable networks, distribution and receiving systems.

The extent of this standardization work ranges from antennas and/or special interfaces to headends, or other interface points on the network up to any terminal interface of the equipment on the customer's premises.

The standardization work will consider coexistence with users of the RF spectrum in wired and wireless transmission systems.

The standardization of any user terminals (i.e. tuners, receivers, decoders, multimedia terminals) as well as of any coaxial, balanced and optical cables and accessories thereof is excluded.

IECNORM.COM : Click to view the PDF of IEC 60728-106:2023

CABLE NETWORKS FOR TELEVISION SIGNALS, SOUND SIGNALS AND INTERACTIVE SERVICES –

Part 106: Optical equipment for systems loaded with digital channels only

1 Scope

This part of IEC 60728 lays down the measuring methods, performance requirements and data publication requirements of optical equipment of cable networks for television signals, sound signals and interactive services loaded with digital channels only.

This document

- applies to all optical transmitters, receivers, amplifiers, directional couplers, isolators, multiplexing devices, connectors and splices used in cable networks;
- covers the frequency range 5 MHz to 3 300 MHz;

NOTE The upper limit of 3 300 MHz is an example, but not a strict value.

- identifies guaranteed performance requirements for certain parameters;
- lays down data publication requirements with guaranteed performance;
- describes methods of measurement for compliance testing.

All requirements and published data relate to minimum performance levels within the specified frequency range and in well-matched conditions as might be applicable to cable networks for television signals, sound signals and interactive services.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60728-101, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 101: System performance of forward paths loaded with digital channels only*

IEC 60728-3:2017, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 3: Active wideband equipment for cable networks*

IEC 60728-11, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 11: Safety*

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 61280-1-1, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 1-1: Test procedures for general communication subsystems – Transmitter output optical power measurement for single-mode optical fibre cable*

IEC 61280-1-3, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-3: General communication subsystems – Measurement of central wavelength, spectral width and additional spectral characteristics*

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

IEC 61290-3-2:2008, *Optical amplifiers – Test methods – Part 3-2: Noise figure parameters – Electrical spectrum analyser method*

IEC 61290-5 (all parts), *Optical amplifiers – Test methods – Part 5: Reflectance parameters*

IEC 61290-6-1, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 6-1: Test methods for pump leakage parameters – Optical demultiplexer*

IEC 61290-11 (all parts), *Optical amplifiers – Test methods – Part 11: Polarization mode dispersion parameter*

IEC 61300-3-6, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss*

3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

amplified spontaneous emission

ASE

optical power associated to spontaneously emitted photons amplified by an active medium in an optical amplifier

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.87]

3.1.2

stimulated Brillouin scattering

SBS

non-linear scattering of optical radiation characterized by a frequency shift as for the Raman scattering, but accompanied by a lower frequency (acoustical) vibration of the medium lattice

Note 1 to entry: The light is scattered backward with respect to the incident radiation.

Note 2 to entry: In silica fibres, the frequency shift is typically around 10 GHz.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.1.88, modified – The term and definition have been altered to comply with the latest version of the ISO/IEC Directives, Part 2.]

3.1.3

centroidal wavelength

mean or average wavelength of an optical spectrum

Note 1 to entry: Other spectral wavelengths are central wavelengths, half-power wavelengths, and peak wavelengths

3.1.4

chirping

rapid change of the emission wavelengths of a directly intensity-modulated optical source as a function of the intensity of the modulating signal

Note 1 to entry: Chirping should not be confused with long-term wavelength drift.

Note 2 to entry: Due to the fibre chromatic dispersion, using a single-mode laser, chirping can cause either degradation or improvement of the total bandwidth.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.44]

3.1.5

chromatic dispersion

DEPRECATED: total dispersion

spreading of a light pulse per unit source spectrum width in an optical fibre caused by different group velocities of the different wavelengths composing the source spectrum

Note 1 to entry: The chromatic dispersion may be due to the following contributions: material dispersion, waveguide dispersion, profile dispersion.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.4.54]

3.1.6

cladding mode

mode in which the electromagnetic field is confined in the cladding and the core by virtue of there being a lower refractive index medium surrounding the outermost cladding

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-03-60]

3.1.7

coherence time

time over which a propagating light can be considered to be coherent radiation

Note 1 to entry: The coherence time is equal to coherence length divided by the phase velocity of light in a medium.

Note 2 to entry: The coherence time is given approximately $\lambda_0^2/(c \cdot \Delta\lambda)$ where λ_0 is the central wavelength, $\Delta\lambda$ is the spectral linewidth and c is the velocity of light in vacuum.

3.1.8

directional coupler

directional branching device

device which distributes an optical signal among the output ports in a predetermined fashion only when light is launched into one preselected input port

Note 1 to entry: For the purposes of this document, directional coupler is the preferred term because this is also the term for its electrical equivalent.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.22, modified – "directional coupler" given preferred term status instead of deprecated status, and Note 1 to entry has been added.]

3.1.9**directivity**

the ratio, usually expressed in decibels, of the power output measured at the appropriate port of one of the transmission lines of a directional coupler, when power is fed into the other transmission line in the preferred direction, to the power output measured at the same place when the same power is fed into the same line in the opposite direction, matched terminations being connected to all ports

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-14-03]

3.1.10**equivalent input noise current density**

notional input noise current density which, when applied to the input of an ideal noiseless device, produces an output noise current density equal in value to that observed at the output of the actual device under consideration

Note 1 to entry: It can be calculated from the RF signal-to-noise ratio (see 4.14).

3.1.11**fibre optic branching device**

optical fibre branching device

DEPRECATED: optical fibre coupler

optical fibre device, possessing three or more optical ports, which shares optical power among its ports in a predetermined fashion, at the same wavelength or wavelengths, without wavelength conversion

Note 1 to entry: The ports may be connected to fibres, sources, detectors, etc.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.21]

3.1.12**flatness**

difference between the maximum and the minimum gain or attenuation reduced by the slope within the specified modulation frequency range of a device or system

3.1.13**optical isolator**

isolator

two port non-reciprocal optical device intended to suppress backward reflection, while having minimum insertion loss in the forward direction, based on the Faraday effect

Note 1 to entry: An isolator is commonly used to prevent return reflections along a transmission path.

Note 2 to entry: An isolator is generally polarization dependent; however, fibre optic polarization-independent isolators exist.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.30]

3.1.14**microscopic gain tilt**

slope due to ripples in sub-nanometre intervals in the gain-versus-wavelength characteristic in the specified wavelength range of optical amplifiers (see Figure 1)

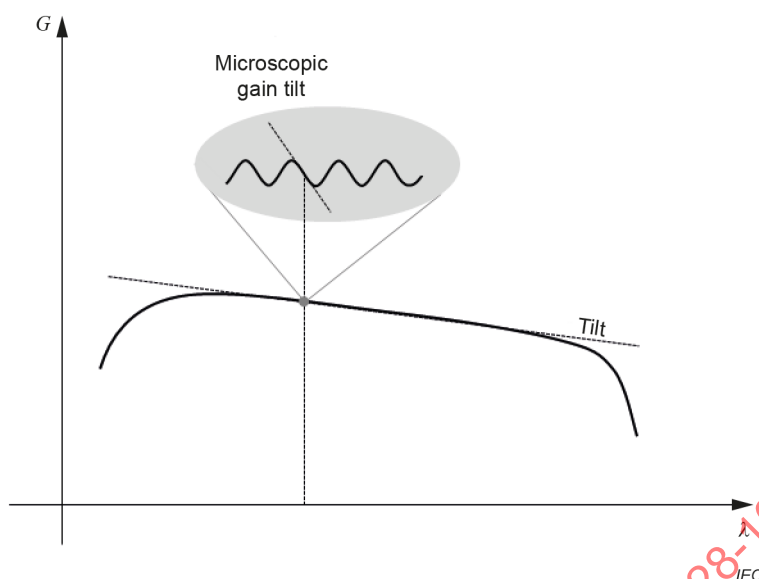


Figure 1 – Tilt and microscopic gain tilt of optical amplifiers

3.1.15

multiplexing device

WDM device

wavelength selective branching device (used in WDM transmission systems) in which optical signals can be transferred between two predetermined ports, depending on the wavelength of the signal

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.51]

3.1.16

noise figure

NF

decrease of the signal-to-noise ratio (SNR), at the output of an optical detector with unitary quantum efficiency and zero excess noise, due to the propagation of a shot noise-limited signal through the optical amplifier (OA)

Note 1 to entry: The operating conditions at which the noise figure is specified should be stated, especially since it depends on the optical input power and on the wavelength used.

Note 2 to entry: This property can be described as a discrete wavelength or as a function of wavelength.

Note 3 to entry: The noise degradation due to the OA, is attributable to different factors, for example signal-spontaneous beat noise, spontaneous-spontaneous beat noise, internal reflections noise, signal shot noise, spontaneous shot noise. Each of these factors depends on various conditions which should be specified for a correct evaluation of the noise figure.

Note 4 to entry: By convention, this noise figure is a positive number.

Note 5 to entry: In the case of OAs for analogue applications, the noise figure also represents the ratio between input and the output RF signal-to-noise ratios.

Note 6 to entry: Noise figure is expressed in dB.

3.1.17

optical amplifier

OA

optical waveguide device containing a suitably pumped, active medium which is able to amplify an optical signal

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.75]

3.1.18**optical receiving unit**

optical receiver

RX

receive fibre optic terminal device accepting at its input port a modulated optical carrier, and providing at its output port the corresponding demodulated electrical signal (with the associated clock, if digital)

Note 1 to entry: For the purposes of this document, optical receivers can have more than one output port providing electrical RF signals.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.7, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.19**optical return loss**

return loss

ORL

ratio, expressed in dB, of the total reflected power to the incident power from an optical fibre, optical device, or optical system, and defined as Equation (1):

$$-10\lg \frac{P_r}{P_i} \quad (1)$$

where

P_r is the reflected power;

P_i is the incident power.

Note 1 to entry: When referring to a reflected power from an individual component, "reflectance" is the preferred term.

Note 2 to entry: For the purposes of this document, the term "reflectance" is used for optical amplifiers only. The term "optical return loss" is used for ports of all other types of equipment.

Note 3 to entry: The term "return loss" is also used for electrical ports. The definition relates to electrical powers in this case.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.49, modified – Notes 2 and 3 to entry have been added.]

3.1.20**optical transmitting unit**

optical transmitter

TX

transmit fibre optic terminal device accepting at its input port an electrical signal and providing at its output port an optical carrier modulated by that input signal

Note 1 to entry: For the purposes of this document, optical transmitters can have more than one input port accepting electrical RF signals.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.6, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.21**polarization**

orientation of the electric field vector of the electromagnetic radiation

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.1.44]

3.1.22

optical modulation index

optical modulation index m is defined as Equation (2):

$$m_k = \frac{\phi_h - \phi_l}{\phi_h + \phi_l} \quad (2)$$

where

ϕ_h is the highest instantaneous optical power of the intensity modulated optical signal

ϕ_l is the lowest instantaneous optical power of the intensity modulated optical signal

Note 1 to entry: This definition does not apply to systems where the input signals are converted and transported as digital baseband signals. In this case, the terms "modulation depth" or "extinction ratio" defined in 2.6.79 and 2.7.46 of IEC TR 61931:1998 are used. A test procedure for extinction ratio is described in IEC 61280-2-2.

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.10, modified – The definition has been clarified and Notes 1 and 2 to entry have been replaced by a new Note 1 to entry.]

3.1.23

reference output level of an optical receiver

offset x by which the electrical output level of an optical receiver can be calculated from the optical input level at a modulation index of $m = 0,05$ using the following Equation (3):

$$U = 2 P_{\text{opt,RX}} + x \text{ dB}(\mu\text{V}) \quad (3)$$

where

U is the electrical output level in dB(μV)

$P_{\text{opt,RX}}$ is the optical input level in dB(mW)

x is the reference output level in dB(μV)

3.1.24

relative intensity noise

RIN

ratio of the mean square of the intensity fluctuations in the optical power of a light source to the square of the mean of the optical output power

Note 1 to entry: The RIN is usually expressed in dB(Hz⁻¹), resulting in negative values.

Note 2 to entry: The value for the RIN can be calculated from the results of a RF signal-to-noise ratio measurement for the system (see 4.15).

3.1.25

responsivity

ratio of an optical detector's electrical output to its optical input at a given wavelength

Note 1 to entry: The responsivity is generally expressed in amperes per watt or volts per watt of incident radiant power.

Note 2 to entry: "Sensitivity" is sometimes used as an imprecise synonym for responsivity.

Note 3 to entry: The wavelength interval around the given wavelength can be specified.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.56]

3.1.26**RF signal-to-noise ratio**

SNR

signal-to-noise ratio for a digitally modulated signal in the RF band

[SOURCE: IEC 60728-1:2014, 3.1.80, modified – The term has been replaced.]

3.1.27**saturation output power****gain compression power**optical power level associated with the output signal above which the gain is reduced by N dB with respect to the small-signal gain at the signal wavelength

Note 1 to entry: The wavelength at which the parameter is specified should be stated.

Note 2 to entry: $N = 3$ is typically used.

[SOURCE: IEC 61291-1:2018, 3.2.1.29]

3.1.28 R_{SC} **signal-to-crosstalk ratio**

SCR

level difference of CATV broadcast signal level and worst case of other services single frequency crosstalk signal measured at RF output port of optical receiver for CATV broadcast service, as given by the following Equation (4):

$$R_{SC} = D_{CATV} - U_{OS} \quad (4)$$

where

 D_{CATV} is the nominal level of CATV broadcast signal in dB(μ V) at RF output port of optical CATV broadcast receiver; U_{OS} is the worst-case level of another service's single frequency crosstalk in dB(μ V) at RF output port of optical CATV broadcast receiver; R_{SC} is expressed in dB.**3.1.29****slope**

gain or attenuation difference at two defined frequencies between any two ports of a device or system

Note 1 to entry: In this document, the term "slope" relates only to the electrical gain or attenuation of equipment.

Note 2 to entry: In equipment for cable networks, a line of best fit of the amplitude frequency response is considered at the band limits (see 4.10).

3.1.30**small-signal gain**

SSG

gain of the optical amplifier (OA), when operated in the linear regime, where it is quite independent of the input signal optical power, at a given signal wavelength and pump optical power level

Note 1 to entry: This property can be described at a discrete wavelength or as a function of wavelength.

3.1.31

spectral linewidth

measure of the wavelength extent of a spectral line

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-06-22]

3.1.32

spectral width

measure of the wavelength extent of a spectrum or spectral characteristic

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-06-24]

3.1.33

optical fibre splice

permanent, or semi-permanent, joint whose purpose is to couple optical power between two optical fibres

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-05-05, modified – "semi-permanent" has been added to the definition.]

3.1.34

wavelength

distance covered in a period by the wavefront of a harmonic plane wave

Note 1 to entry: The wavelength λ of light in vacuum is given by Equation (5)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

(5)

where

c is the speed of light in vacuum ($c \approx 2,997\,92 \times 10^8$ m/s);

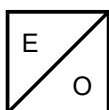
f is the optical frequency.

Note 2 to entry: Although the wavelength in dielectric material such as fibres is shorter than in vacuum, only the wavelength of light in vacuum is used.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.2.9, modified – Notes 1 and 2 to entry have been added.]

3.2 Graphical symbols

The following graphical symbols are used in the figures of this document. These symbols are either listed in IEC 60617 or based on symbols defined in IEC 60617.



Optical transmitter
based on
IEC 60617-S00213:2001-07



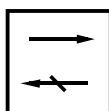
Optical receiver
based on
IEC 60617-S00213:2001-07



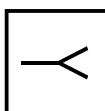
Optical amplifier
based on
IEC 60617-S00127:2001-07 and
IEC 60617-S01239:2001-07



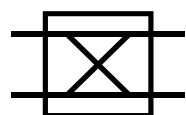
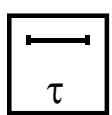
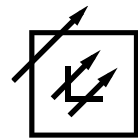
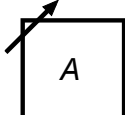
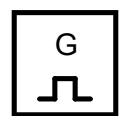
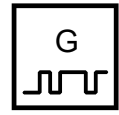
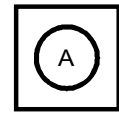
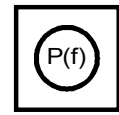
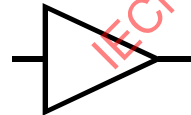
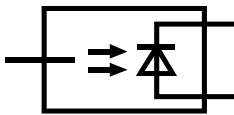
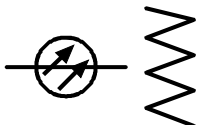
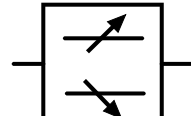
Optical fibre
IEC 60617-S01318:2001-07



Isolator
IEC 60617-S01175:2001-07



Coupler
based on
IEC 60617-S00059:2001-07 and
IEC 60617-S01188:2001-07

	Directional coupler based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S01193:2001-07		Delay line based on IEC 60617-S00608:2001-07
	Polarisation control device		Low-pass filter IEC 60617-S01248:2001-07, modified
	Bandpass filter IEC 60617-S01249:2001-07		Variable attenuator IEC 60617-S01245:2001-07
	Pulse generator IEC 60617-S01228:2001-07		Sine-wave generator based on IEC 60617-S00899:2001-07 and IEC 60617-S01403:2001-09
	Bit pattern generator		Voltmeter based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00913:2001-07
	Ammeter based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00910:2001-07		Power meter based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00910:2001-07
	Oscilloscope based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00922:2001-07		Selective voltmeter based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00081:2001-07 and IEC 60617-S00913:2001-07 and IEC 60617-S01249:2001-07
	Electrical spectrum analyser based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00910:2001-07		Optical spectrum analyser based on IEC 60617-S00059:2001-07 and IEC 60617-S00910:2001-07
	RF choke IEC 60617-S00583:2001-07		Resistor IEC 60617-S00555:2001-07
	Capacitor IEC 60617-S00567:2001-07		DC power supply IEC 60617-S00206:2001-07
	Amplifier IEC 60617-S01239:2001-07, modified		Photodiode with fibre pigtail IEC 60617-S01327:2001-07
	Ground IEC 60617-S01410:2001-11		Optical terminator based on IEC 60617-S01389:1996-05 (obsolete) and IEC 60617-S01318:2001-07
	Cladding mode stripper IEC 60617-S01333:2001-07		

3.3 Abbreviated terms

AGC	automatic gain control
ALC	automatic level control
ASE	amplified spontaneous emission
BW	bandwidth
CATV	community antenna television (network)
CINR	composite intermodulation noise ratio
CW	continuous wave
DC	direct current
EMC	electromagnetic compatibility
E/O	optical transmitter (electrical to optical converter)
EUT	equipment under test
GEAPON	gigabit Ethernet passive optical network
GPON	gigabit passive optical network
IF	intermediate frequency
IP	international (ingress) protection
MTBF	mean time between failure
OA	optical amplifier
O/E	optical receiver (optical to electrical converter)
OFDM	orthogonal frequency-division multiplexing
OMI	optical modulation index
ORL	optical return loss
PMD	polarization mode dispersion
QAM	quadrature amplitude modulation
RF	radio frequency
RIN	relative intensity noise
RSBW	resolution bandwidth
RX	(optical) receiver
SBS	stimulated Brillouin scattering
SCR	signal-to-crosstalk ratio
SIR	RF signal-to-intermodulation product ratio
SNR	RF signal-to-noise ratio
SPM	self-phase modulation
SRS	stimulated Raman scattering
SSG	small-signal gain
TX	(optical) transmitter
WDM	wavelength division multiplexing
XPM	cross-phase modulation

4 Methods of measurement

4.1 Measurement requirements

4.1.1 General

For all methods of measurements described in Clause 4, the following requirements shall be considered.

4.1.2 Input specification

The following conditions shall be obtained from the device specification:

- supply voltage(s);
- control signal(s), if any, with correct impedance, level and frequency.

4.1.3 Measurement conditions

Unless otherwise specified, all measurements shall be carried out under following conditions:

- the ambient or reference point temperature shall be $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$;
- the ambient humidity shall be in the range 40 % to 70 %;
- optical reflection shall not impair the accuracy of the measurement;
- during measurement, any control input signal(s) shall be held constant.
- test fibers shall have clean and unscratched ends in order to prevent losses of power and reflections.

4.2 Optical power

For measuring the total average optical power emanating from the end of a test fibre, the method described in IEC 61280-1-1 shall be used. The test fibre and the coupling means shall be as specified by the manufacturer. The optical power shall be expressed in dB(mW).

4.3 Loss, isolation, directivity and coupling ratio

4.3.1 General

The measurement of the following parameters is based on the measurement of optical power, and therefore no special methods of measurement are given for these items:

- loss of fibres, connectors, and optical isolators;
- isolation of optical isolators.

NOTE Methods of measurement for the attenuation of fibre optic plants are described in IEC 61280-4-2. A method for measurement of the gain of optical amplifiers is described in IEC 61290-1-3.

4.3.2 Measurement requirements

The equipment under test shall be tested with a light source suitable for the specified wavelength range.

All optical inputs or outputs not involved during the measurement shall be terminated to make sure that no reflected light can impair the accuracy of the measurement.

4.3.3 Measurement procedure

For the measurement, proceed as follows.

- Connect the light source to the power meter and measure the optical output power P_1 of the light source (see 4.2).
- Connect the device under test to the light source and the optical power meter as shown in Figure 2 and measure the power P_2 .

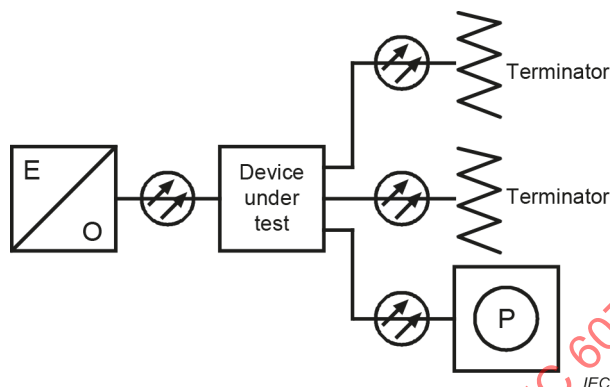


Figure 2 – Measurement of optical loss, directivity, isolation and coupling ratio

- The loss, directivity, isolation or coupling ratio expressed in dB is calculated using Equation (6)

$$a = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \quad (6)$$

where

a is the loss, isolation, directivity or coupling ratio, in dB;

P_1 is the optical output power of the light source, in dB(mW), measured without the device under test;

P_2 is the measured optical output power as shown in Figure 2, in dB(mW)

4.4 Return loss

In general, the return loss is the ratio of the incident optical power P_{in} to the reflected optical power P_{back} , expressed in dB. Any measurement for return loss of optical equipment shall be carried out as specified in IEC 61300-3-6. For optical fibre amplifiers, the term "reflectance" is used, which is the reciprocal of the return loss (see IEC 61291-1). Methods of measurement for the reflectance of optical fibre amplifiers are specified in the IEC 61290-5 series.

4.5 Saturation output power of an optical amplifier

4.5.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the mean optical output power of a test fibre whose far end is connected to the optical output port of a saturated optical amplifier. The saturation output power shall be expressed in dB(mW).

4.5.2 Measurement procedure

The gain G of the optical amplifier shall be measured as a function of the optical input power in accordance with IEC 61290-1-3. Plot the gain versus optical input power, resulting in a curve shown in Figure 3. At low input levels, the small-signal gain is constant. At higher input levels, the gain decreases. The saturation output power is reached when the gain lags N dB (if no other value is stated, N should be 3) behind the small-signal gain and can be calculated from Equation (7):

$$P_{\text{out,Sat}} = G_{\text{Sat}} + P_{\text{in,Sat}} \quad (7)$$

where

$P_{\text{out,Sat}}$ is the saturation optical output power in dB(mW);

G_{Sat} is the gain of the optical amplifier at the saturation in dB;

$P_{\text{in,Sat}}$ is the optical input power in dB(mW).

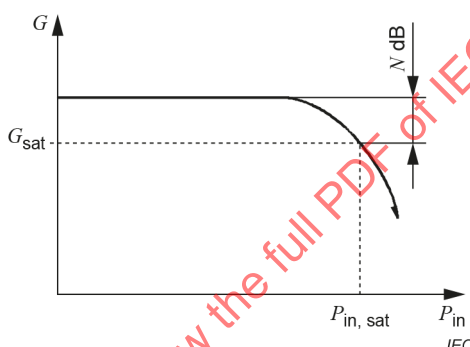


Figure 3 – Saturation output power of an optical amplifier

4.6 Centroidal wavelength and spectral width under modulation

For measuring the centroidal wavelength λ_0 of the spectrum and the spectral width $\Delta\lambda$ of a transmitter under modulation, the methods described in IEC 61280-1-3 shall be used. The centroidal wavelength and the spectral width shall be expressed in nanometres. Spectral width measurement method is not suitable for light sources and transmitters with very narrow spectral width (single mode laser) or for measuring the chirping of transmitters (see 4.7).

4.7 Linewidth and chirping of transmitters with single mode lasers

4.7.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the linewidth and the frequency modulation, or chirping, of a transmitter with single-mode laser. The linewidth shall be expressed in MHz. The chirping shall be expressed in MHz/mA.

4.7.2 Equipment required

- An RF signal generator which can be gated on and off with a 50 % duty cycle so that the transmitter is operating unmodulated for a time τ , and then modulated for an identical time. The magnitude and the waveform of the generated signal shall be suitable for the transmitter to be tested. The signal frequency shall be lower than the linewidth of the transmitter to be tested.
- A fibre-optic Mach-Zehnder interferometer with a delay line producing a delay difference τ between the 2 arms and with a polarization controller in one of the arms.

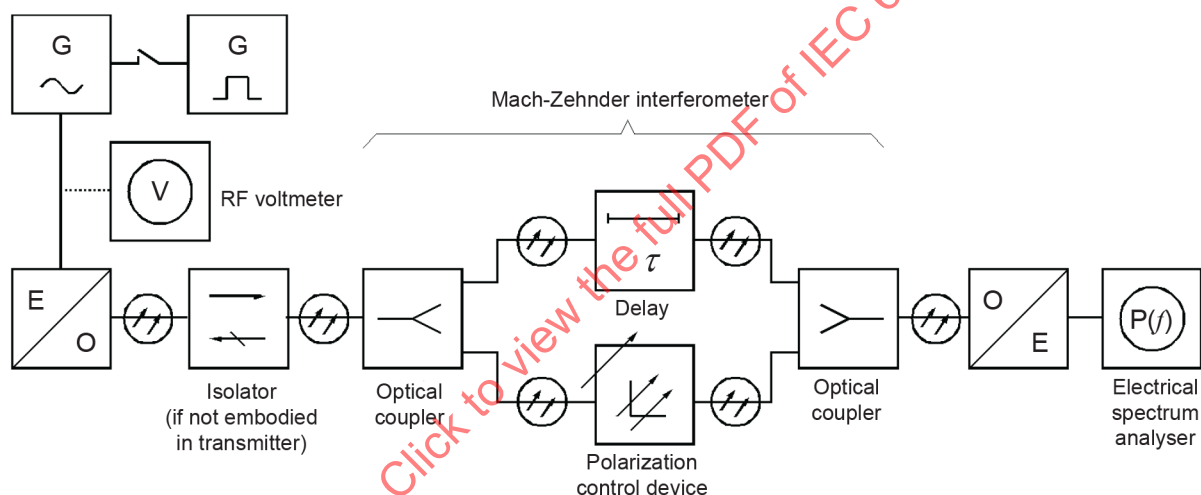
- c) An optical receiver with a 1 dB bandwidth higher than the expected frequency deviation of the optical output signal of the transmitter to be tested.
- d) An electrical spectrum analyser with a bandwidth greater than the expected frequency deviation of the optical output signal of the transmitter to be tested.
- e) Lengths of fibre for connecting the optical equipment.
- f) An optical isolator, if not embodied in the transmitter, to prevent reflected light from perturbing the lineshape of the transmitter.
- g) An RF voltmeter with the same input impedance as the optical transmitter to be measured.

4.7.3 General measurement requirements

The delay time τ (identical to the gating time τ of the signal generator) shall be at least three times the coherence time of the transmitter to make sure that the combining signals from the two arms of the interferometer are uncorrelated. For DFB lasers, a typical value is $\tau = 20 \mu\text{s}$ to $\tau = 50 \mu\text{s}$.

4.7.4 Measurement procedure

- a) Connect the equipment as shown in Figure 4.



IEC

Figure 4 – Measurement of the chirping and the linewidth of transmitters

- b) For measuring the linewidth, turn off the pulse generator.
- c) For measuring chirping, the sine wave generator shall be gated on and off as described in 4.7.2. For adjusting the output level of the sine wave generator, switch it into continuous mode. Connect the RF voltmeter at the output of the sine wave generator and choose an output level resulting in an optical modulation index of the transmitter in the range of $m = 0,5$ to $m = 0,7$. Note the reading U of the RF voltmeter. Reconnect the sine wave generator to the optical transmitter and turn on the gating signal of the pulse generator.
- d) Adjust the polarization controller to maximize the amplitude displayed by the spectrum analyser.
- e) Locate the -3 dB roll-off of the electrical power starting at the lowest frequency of the spectrum shown by the spectrum analyser. If the -3 dB roll-off exceeds the range of the spectrum analyser, a smaller optical modulation index may be used. Operation of the laser shall be stable.
- f) If the signal generator is turned off, the frequency reading at this point represents the linewidth of the transmitter. If the inverse of this linewidth is not lower than the delay time τ , the measurement shall be repeated with a higher delay time.
- g) With the signal of the sine wave generator turned on, the spectrum is broadened. The change in frequency reading Δf at the -3 dB point is the total chirping in MHz.

h) The chirping is calculated from Equation (8):

$$f_c = \Delta f \frac{Z}{U} \quad (8)$$

where

f_c is the chirping in MHz/A;

Δf is the change in frequency reading (total chirping) in MHz;

Z is the input impedance of the optical transmitter in V/A;

U is the output level of the signal generator in V.

4.7.5 Potential sources of error

- This linewidth measurement technique is strictly correct only for transmitters with a Lorentzian lineshape.
- Asymmetric spectra will lead to wrong results.
- Additionally, the following features of the equipment can impair the accuracy of the measurement:
 - the inaccuracy of the spectrum analyser;
 - instability of the transmitter.

4.8 Optical modulation index

4.8.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the individual optical power modulation index (modulation index per channel) of a transmitter under specified conditions. This method is not suitable for measuring the total modulation index of a transmitter modulated by a multi-channel signal.

4.8.2 Equipment required

- a) A selective voltmeter or spectrum analyser with a defined input impedance.
- b) A PIN-photodiode with 1 dB-bandwidth much larger than that of the transmitter to be tested.
- c) A DC power supply which provides a voltage less than the breakdown voltage of the PIN-diode.
- d) A DC current meter.
- e) An RF choke suitable for the frequencies at which the tests are to be carried out.
- f) A terminating resistor (50 Ω or 75 Ω), suitable for the frequencies at which the tests are to be carried out, for use when the selective voltmeter or spectrum analyser has a high input impedance.
- g) A low-loss capacitor with an impedance much lower than that of the selective voltmeter (spectrum analyser) at the frequencies at which the tests are to be carried out.
- h) A length of fibre for connecting the transmitter to the PIN-diode.

NOTE A calibrated receiver may be used instead of the PIN-diode, the RF choke, the resistor and the capacitor if the DC of the detector can be measured.

4.8.3 Measurement procedure

- a) Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- b) Apply the specified input signal. Connect the equipment as shown in Figure 5.

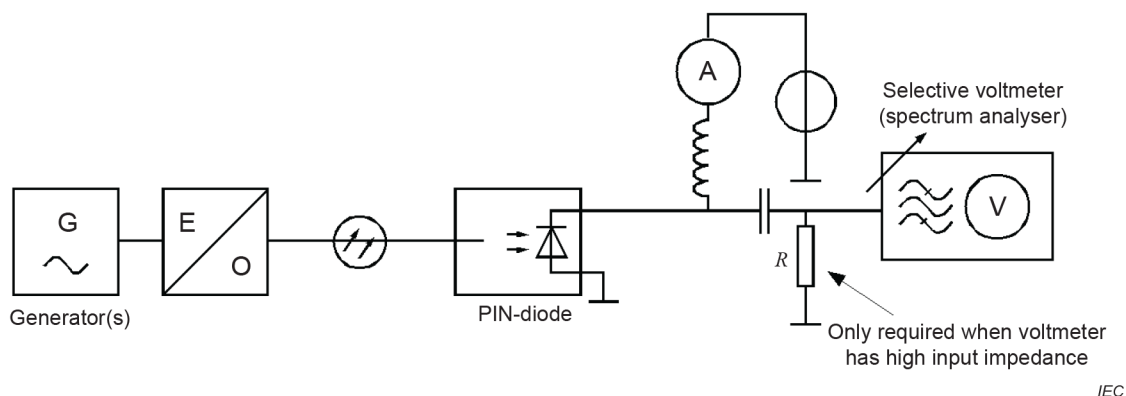


Figure 5 – Measurement of the optical modulation index

- c) Tune the selective voltmeter (spectrum analyser) to the frequency of the channel at which the individual optical modulation index is to be measured.
- d) Record the readings of the DC current meter and the selective voltmeter (spectrum analyser). The optical modulation index is calculated with Equation (9):

$$m = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{R \cdot I} \quad (9)$$

where

I is the reading of the DC current meter;

U is the reading of the selective voltmeter (spectrum analyser);

R is the resistance of the resistor, or the input impedance of the selective voltmeter or spectrum analyser.

NOTE U can be also determined by signal level S in dB(μ V) measured according to IEC 60728-101 and calculated as follows: $U = 10^{\frac{S}{20}} \cdot \mu\text{V}$

4.8.4 Potential sources of error

The following features of the equipment can impair the accuracy of the measurement. A method with higher accuracy is given in 4.15.

- The inaccuracy of the DC current meter.
- The inaccuracy of the selective voltmeter (spectrum analyser).
- The frequency response of the PIN-diode.
- Differences between the static responsivity and the dynamic responsivity of the PIN-diode. A correction factor shall be used for calculating the modulation index in this case.

4.9 Reference output level of an optical receiver

4.9.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the optical receiver's reference output level for the specified conditions of $m = 5\%$ and $P_{\text{opt,RX}} = 0$ dB(mW) optical input power. The reference output level shall be expressed in dB(μ V).

4.9.2 Equipment required

- A suitable RF generator.
- A transmitter with known differential efficiency and optical output power compatible with the range of optical input power of the receiver under test.
- A length of fibre for connecting the transmitter to the receiver.
- A cladding mode stripper if the fibre has no cladding mode stripping coating.
- An RF voltmeter.

4.9.3 General measurement requirements

- All the optical output power shall be coupled to the receiver.
- The automatic gain control (AGC) (if any) for the receiver shall be disabled. The gain shall be set to maximum.

4.9.4 Measurement procedure

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the equipment as shown in Figure 6.

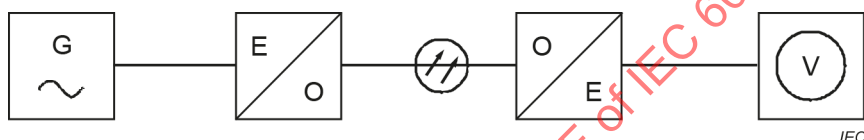


Figure 6 – Measurement of the reference output level of an optical receiver

- Adjust the amplitude of the generator to obtain the optical modulation index required.
- Measure the RF voltage at the frequencies of interest.
- The reference output level is calculated from Equation (10):

$$x = U - 2 \cdot P_{\text{Opt,RX}} - 20 \cdot \lg \frac{m}{0,05} \quad (10)$$

where

- x is the reference output level, in dB(μV);
- U is the electrical output level, in dB(μV);
- $P_{\text{opt,RX}}$ is the optical input level, in dB(mW);
- m is the optical modulation index used for the measurement.

4.9.5 Potential sources of error

- Inaccuracy of the voltmeter;
- attenuation of the fibre and the optical connectors;
- inaccuracy of the output level of the generator;
- uncertainty of the characteristic of the transmitter;
- saturation of the optical receiver when the AGC is disabled.

4.10 Slope and flatness

4.10.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the slope and the flatness of optical transmitters and receivers within a given frequency range under specified conditions. The slope and the flatness shall be expressed in dB.

NOTE The frequency range is usually lower than the 3 dB-bandwidth. The 3 dB-bandwidth is the difference of the lower frequency and the higher frequency where the amplitude versus frequency response falls to –3 dB of the peak value.

4.10.2 Equipment required

- A signal generator with a frequency range greater than the expected range of the device to be tested.
- A selective voltmeter (spectrum analyser) for the amplitude versus frequency response.
- If the device to be tested is a transmitter, an optical receiver with known frequency response (calibrated receiver) is needed. If the device to be tested is a receiver, an optical transmitter with known frequency response (calibrated transmitter) is needed.
- A length of fibre for connecting the transmitter and the receiver.

NOTE A network analyser can be used instead of the signal generator and the selective voltmeter. A spectrum analyser with tracking generator can also be used. A swept generator with broadband diode detector can be used if all measurements are taken at the same detected signal level by re-adjustment of the generator level to maintain this condition.

4.10.3 Measurement procedure

For the measurement proceed as follows.

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the equipment as shown in Figure 7.

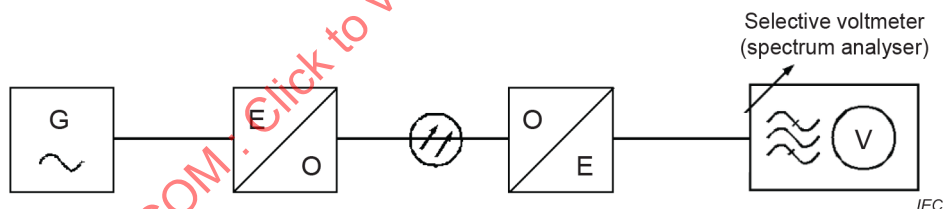


Figure 7 – Measurement of the slope and flatness

- Measure the signal output voltage at a sufficient number of frequencies covering the specified frequency range. The number of frequencies is considered sufficient when the voltage differences of neighbour frequency amplitudes are below 0,1 dB. The readings shall be corrected by the known frequency response of the respective calibrated device. If the device to be tested is a receiver, the optical input power used during the measurement shall be stated, because the results can vary with the input power.
- If the device under test is supposed to have a slope, lay a straight line through the measured points using the least square method. Determine the amplitudes A_1 and A_2 at the intersections between this line and the frequency range limits f_l and f_u (see Figure 8). The difference $A_1 - A_2$ shall be stated as the slope of the device.

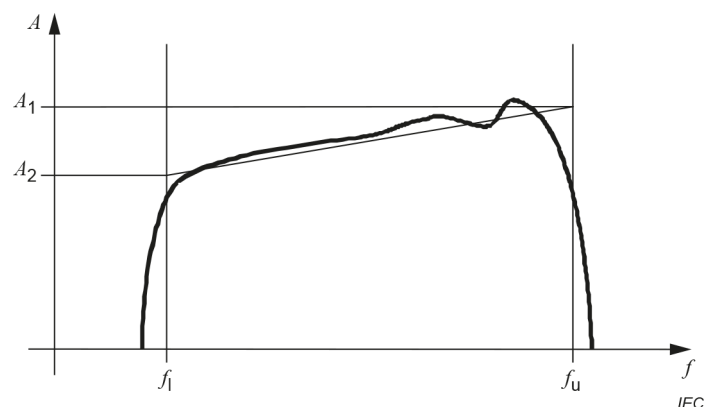


Figure 8 – Evaluation of the slope

- e) If the device under test is supposed to have a slope, the amplitudes shall be corrected by the amount of slope at the individual frequencies.
- f) Note the peak value $A_{\max}$ and the minimum value $A_{\min}$ of the resulting frequency response within the frequency range (see Figure 9). The flatness is the difference of $A_{\max}$ and $A_{\min}$.

NOTE $A_{\max}$ and $A_{\min}$ may be the amplitudes at the limits of frequency range.

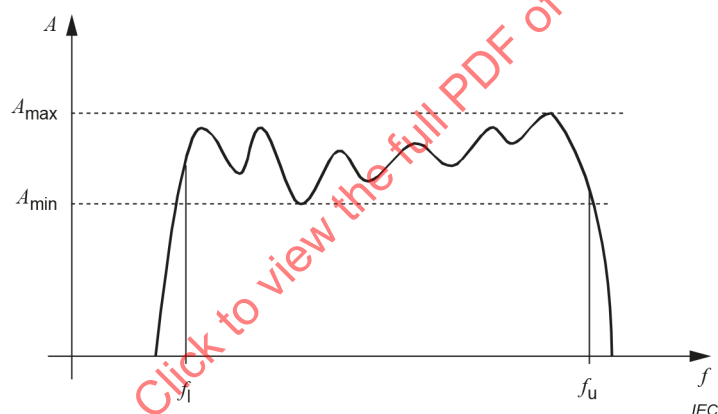


Figure 9 – Evaluating the flatness

4.10.4 Potential sources of error

- Inaccuracy of the frequency and the amplitude of the test generator;
- inaccuracy of the voltmeter (spectrum analyser);
- inaccuracy of the calibrated receiver (transmitter);
- inaccuracy of the measuring equipment mentioned in the note of 4.10.2.

4.11 Transmitter non-linearity

4.11.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the non-linearity of optical transmitters modulated by multiple carriers.

4.11.2 Equipment required

- All equipment required for measuring "non-linearity for pure digital channel load" as described in IEC 60728-3:2017, 4.3.6.
- An optical receiver with non-linear distortion as recommended in 6.2.2 better than the non-linear distortion expected of the transmitter to be tested. For non-linear distortion measurement, see 4.12.
- A length of fibre for connecting the transmitter to the receiver.
- If the optical output power of the transmitter is higher than the specified input power of the receiver, an optical attenuator shall be used to reduce the power.

4.11.3 Measurement procedure

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the equipment as described in IEC 60728-3:2017, Figure 3 and replace the EUT block by the arrangement of Figure 10.

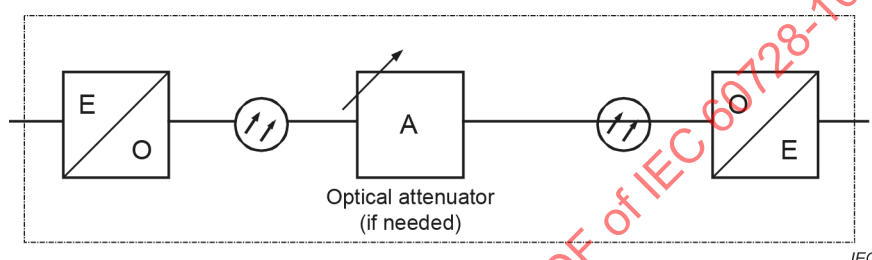


Figure 10 – Equipment under test (EUT) for measuring non-linearity of optical transmitters

- The device under test shown in Figure 10 provides an electrical input and an electrical output. Therefore, it can be treated as an electrical amplifier. The procedure for measuring non-linearity (see IEC 60728-3) can be used for this arrangement. The procedure's results are a maximum operating level using the measurement of bit error ratio and a CINR (composite intermodulation noise ratio) curve. The transmitter's non-linearity shall be given as both the maximum operating input level and the CINR curve in dependence of the transmitter's input level.

The method described in IEC 60728-3 defines a maximum operating level and a CINR curve to characterize non-linearity. For forward path amplifiers, level and CINR curve are referred to the output level and for return path amplifiers to the input level. For non-linearity of transmitters, the results shall be referred in general to the input level.

- To make sure that the distortion of the receiver can be neglected, a second measurement shall be carried out with a different attenuation between the optical transmitter and the optical receiver. If the result changes, it indicates that the receiver distortion is too high.

4.11.4 Potential sources of error

- The curve measured is the non-linear distortion of the whole optical system. The influence of the optical receiver can be neglected only if its non-linear distortion is much lower than that of the transmitter, but there is no direct way of measuring the non-linear distortion of an optical receiver. It can only be estimated from the results of an intermodulation measurement. This estimate is not very accurate, because the laws of addition of the beats are frequency-dependent and not well-known.
- The transmitter may be equipped with an automatic gain control (AGC) causing a complex relation between RF input level and optical modulation index. For ease of measurement interpretation, switch off AGC in order to obtain a simple and defined relation between input level and optical modulation index.

NOTE The curve measured shows the thermal noise characteristics of the whole optical system at low RF input levels. But the influence of the optical receiver cannot be neglected at all in this measurement procedure for low RF input levels – even in the case of high optical input power of the receiver. Therefore, the measured curve does not characterize the transmitter's noise.

4.12 Receiver intermodulation

4.12.1 Purpose

This method is applicable to the measurement of the carrier to second- and third-order intermodulation products and triple beats produced in optical receivers with high linearity. The method described is not applicable to coherent receivers. The intermodulation shall be expressed in dB.

4.12.2 Equipment required

- a) Two signal generators for second- and third-order intermodulation and three signal generators for triple beats covering the frequencies at which the tests are to be carried out.
- b) Two transmitters with similar optical output power but slightly different wavelengths. The difference of the frequencies of the emitted light shall be greater than the bandwidth of the receiver to be tested.
- c) An optical coupler with similar loss in both paths.
- d) Two variable optical attenuators with a range great enough to cover the range of the optical input power of the receiver to be tested.
- e) A variable electrical attenuator with a range greater than the signal-to-intermodulation ratio expected.
- f) A selective voltmeter (spectrum analyser) covering the frequency range of the receiver to be tested.
- g) Lengths of fibre for connecting the transmitters to the coupler and the coupler to the receiver.

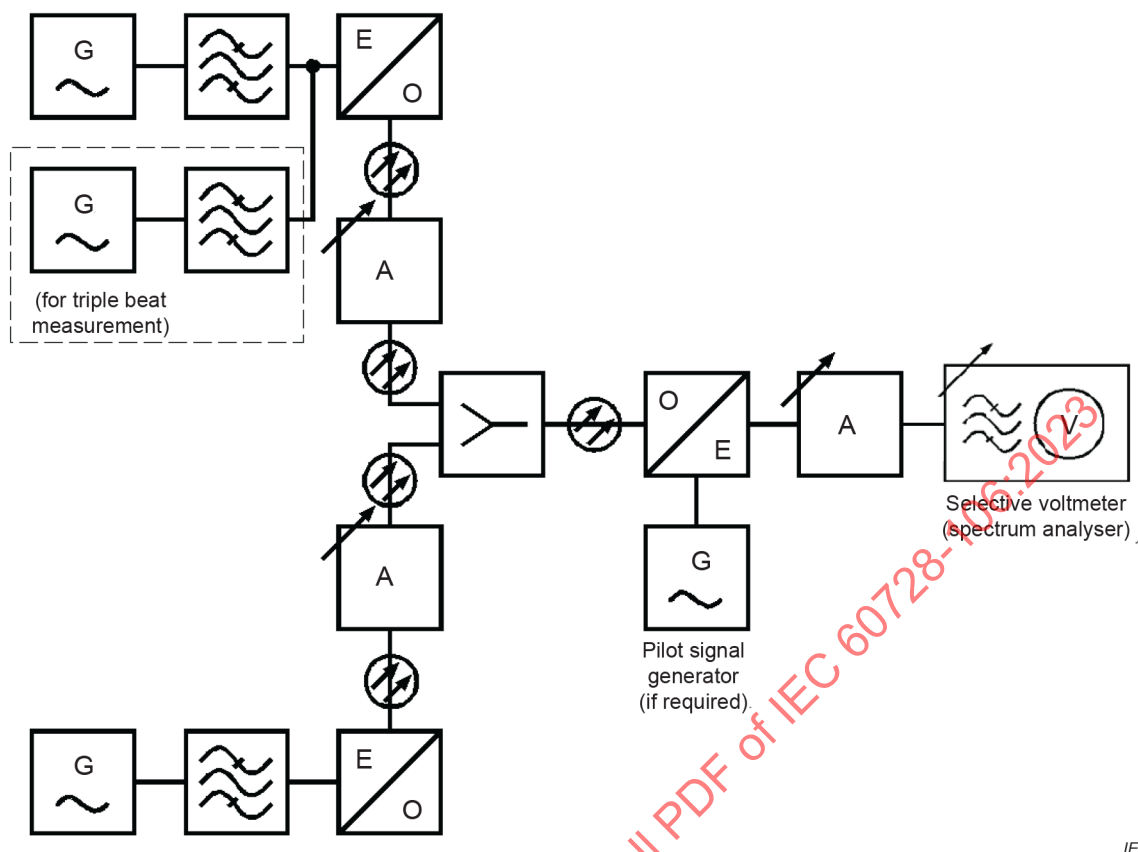
4.12.3 General measurement requirements

- a) Unless otherwise required, the reference levels used in the measurements shall be the normal operating levels specified for the receiver. If the specified levels are not constant over the frequency range, then the levels of all the test signals shall be quoted in the results.
- b) Where the receiver to be measured includes automatic level control (ALC) pilot signals of the correct type, frequency and level shall be maintained throughout the tests.

4.12.4 Measurement procedure

For the measurement, proceed as follows.

- a) Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- b) Connect the equipment as shown in Figure 11.



IEC

Figure 11 – Arrangement of test equipment for measuring receiver intermodulation

- c) Carry out measurements with the test signals widely and closely spaced over each band of interest at frequencies capable of producing significant products within the overall frequency range.
- d) Carry out measurements over the full specified range of optical input power of the receiver.
- e) Adjust the optical attenuators to obtain the same optical level at the output of the optical coupler for both transmitters.
- f) A check should be made to determine if harmonics and other spurious signals at the outputs of the signal generators are likely to affect materially the results of the measurements.
- g) Set the signal generators to the frequencies of the test signals and adjust their outputs to obtain a modulation index of $m = 0,4$ per carrier for both transmitters. With three generators for triple beat measurements, a modulation index of $m = 0,3$ per carrier shall be used.
- h) Connect the variable attenuator and selective voltmeter (spectrum analyser) to the point of measurement. Tune the meter to each test signal and note the attenuator value a_1 required to obtain a convenient meter reading R for the reference signal. The attenuator value a_1 should be slightly greater than the signal-to-intermodulation product ratio expected at the point of measurement.
- i) Tune the meter to the intermodulation product to be measured and reduce the attenuator setting to the value a_2 required to obtain the same meter reading R .
- j) When using three carriers, the intermodulation products of the transmitter with two carriers shall not coincide with the intermodulation products to be measured.
- k) When measuring levels of intermodulation products, it can be necessary to insert a filter at the input to the meter to prevent intermodulation in the meter. If a filter is used, then the possible mismatch should be avoided by not reducing the attenuator value below 10 dB. In such instances, the insertion loss (in dB) of the filter at the frequency of the products shall be added to the attenuator value a_2 .
- l) The signal-to-intermodulation product ratio (SIR), in dB, is given by Equation (11)

$$R_{\text{SIR}} = a_1 - a_2 \quad (11)$$

where

a_1 is the attenuator value for the test signal used as a reference, in dB;

a_2 is the attenuator value for the intermodulation product, in dB.

4.12.5 Potential sources of error

- Inaccuracy of the selective voltmeter (spectrum analyser);
- inaccuracy of the filter attenuation;
- inaccuracy of the variable attenuator;
- inaccuracy of the modulation index.

4.13 Microscopic gain tilt of optical amplifiers

4.13.1 Purpose

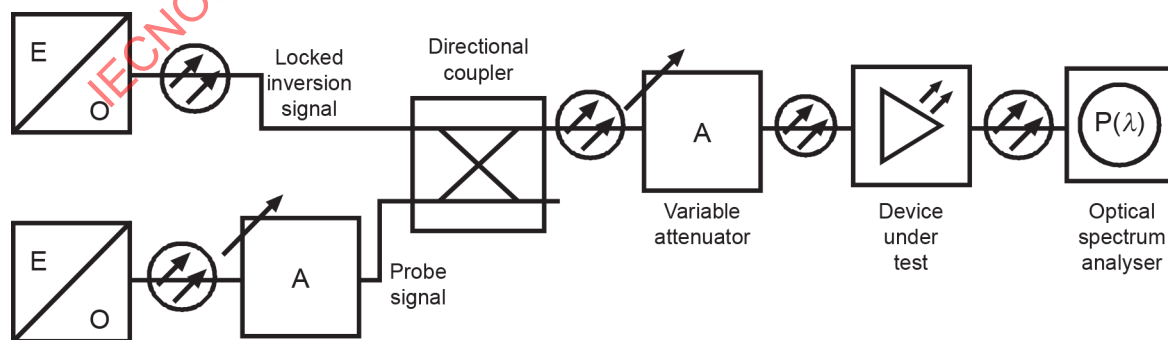
The purpose of this method is to measure small changes in the gain-versus-wavelength curve of optical amplifiers, called "microscopic gain tilt". Microscopic gain tilt is the main source of distortion caused by optical amplifiers. It shall be expressed in dB/nm.

4.13.2 Equipment required

- An optical light source generating a locked inversion signal with the same wavelength and the same optical power as used for analogue transmission.
- An optical light source generating a probe signal with variable wavelength covering the range close to the wavelength of the locked inversion signal. The output power of this probe signal shall be at least 20 dB lower than the locked inversion signal.
- An optical coupler used as a combiner for the locked inversion signal and the probe signal.
- A variable optical attenuator with a range suitable to adjust the output power of the optical coupler to the input power range of the device under test.
- An optical spectrum analyser suitable for the output signal of the device under test and able to show a wavelength range of several nanometres around the locked inversion signal.

4.13.3 Measurement procedure

- Connect the equipment as shown in Figure 12.



IEC

Figure 12 – Arrangement of test equipment for measuring microscopic gain tilt

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Select the wavelength of the locked inversion signal to be same as the optical signal used for the transmission of frequency multiplexed RF carriers.

- d) Set the optical power of the locked inversion signal to achieve the specified input power of the optical amplifier to be tested.
- e) Adjust the optical power of the probe signal to be at least 20 dB lower than the locked inversion signal but at least 10 dB higher than the noise floor of the optical spectrum amplifier.
- f) Sweep the wavelength of the probe signal by 3 nm above and below of the wavelength of the locked inversion signal.
- g) Determine the power of the probe signal $P_{\text{in,prb}}(\lambda)$ at the input of the optical amplifier to be tested, the power of the amplified probe signal $P_{\text{out,prb}}(\lambda)$ and the amplified spontaneous emission (ASE) $P_{\text{ASE,prb}}(\lambda)$ at various wavelengths λ .
- h) Derive the locked inversion gain $G_{\text{LI}}(\lambda)$ at various wavelengths λ , according to Equation (12):

$$G_{\text{LI}}(\lambda) = 10 \cdot \lg \frac{P_{\text{out,prb}}(\lambda) - P_{\text{ASE,prb}}(\lambda)}{P_{\text{in,prb}}(\lambda)} \quad (12)$$

- i) Plot the result using the probe signal wavelength for the horizontal axis and the measured $G_{\text{LI}}(\lambda)$ of the probe signal for the vertical axis.
- j) Derive an empirical formula using a second-order approximation of the plotted graph.
- k) The first order differentiation of the second-order approximated plot yields the microscopic gain tilt in dB/nm.

4.13.4 Potential sources of error

One potential source of such an error can be the inaccuracy of the optical spectrum analyser.

4.14 Noise parameters of optical transmitters and optical receivers

4.14.1 Purpose

The purpose of this test method is to measure the relative intensity noise (RIN) of optical transmitters and the equivalent input noise current density (I_r) of optical receivers. The relative intensity noise shall be given in dB(Hz⁻¹) and the equivalent noise current density in pA/√Hz.

In optical transmission systems, both the transmitter and the receiver contribute to the noise of the system. Because of the different kind of signals, there is no direct way of measuring the noise contribution of the transmitter or the receiver independently. Therefore, the individual figures have to be calculated from system measurements using a receiver with known noise behaviour for obtaining the transmitter noise, and vice versa.

In passing through an analogue transmission system, the RF signal-to-noise ratio of a given input signal $R_{\text{SNR,in}}$ is deteriorated by internal noise sources N_i (see Figure 13).

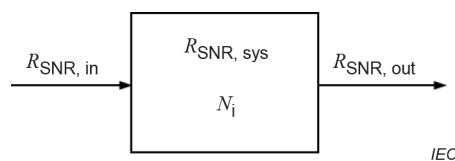


Figure 13 – System with internal noise sources

The magnitude of this noise can also be expressed as a RF signal-to-noise ratio $R_{\text{SNR,sys}}$. $R_{\text{SNR,sys}}$ is equivalent to the RF signal-to-noise ratio of the output signal with a noise-free input signal. It can be calculated from measured RF signal-to-noise ratios at the input and the output of the system (see Equation (13)).

$$R_{\text{SNR,sys}} = -10 \cdot \lg \left(10^{-\frac{1}{10} R_{\text{SNR,out}}} - 10^{-\frac{1}{10} R_{\text{SNR,in}}} \right) \quad (13)$$

4.14.2 Equipment required

4.14.2.1 General

For this test method, the following pieces of equipment are needed.

- A spectrum analyser with a known noise bandwidth less than that of the channel to be measured.
- A signal generator covering the frequencies at which the tests are to be carried out. The amplitude of the generator shall be adjustable to obtain an optical modulation index of $m = 0,2$.
- A variable attenuator with a range greater than the RF signal-to-noise ratio expected.
- An optical attenuator with a range great enough to accomplish the following tasks: testing the transmitter, the optical attenuator is used to adjust the received optical power to the specified range of the receiver. Testing the receiver, the optical attenuator is used to measure the RF signal-to-noise ratio as a function of the optical input power.
- A reference receiver (Figure 14) for testing an optical transmitter or a reference transmitter for testing an optical receiver.

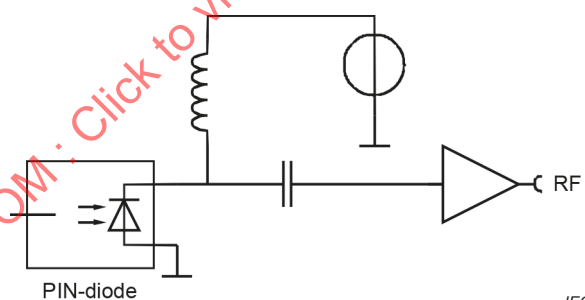


Figure 14 – PIN diode receiver

4.14.2.2 Reference transmitter

Using a laser for the transmitter, the noise is caused by fluctuations of the light output power. It depends on the modulation frequency and can be described by the relative intensity noise (RIN). It can be easily converted to an RF signal-to-noise ratio from Equation (14):

$$R_{\text{SNR,TX}} = 10 \cdot \lg \frac{m^2}{2B} - N_{\text{RIN}} \quad (14)$$

where

- m is the optical modulation index;
- N_{RIN} is the relative intensity noise, in dB(Hz⁻¹);
- B is the bandwidth, in Hz.

4.14.2.3 Reference receiver

Since the noise behaviour of a PIN-diode receiver is well-known, it can be used as a reference receiver. One part of the receiver noise is the photodiode shot noise. The other part of the receiver noise is the available thermal noise of the following amplifier. The RF signal-to-noise ratio of a PIN-diode receiver can be calculated from Equation (15):

$$R_{\text{SNR,RX}} = 10 \cdot \lg \frac{m^2 P_0^2 r^2}{2B(2erP_0 + I_r^2)} \quad (15)$$

where

- m is the optical modulation index;
- P_0 is the optical power incident on the photodiode, in W;
- r is the responsivity of the photodiode, in A/W;
- B is the signal bandwidth, in Hz;
- e is $1,6 \times 10^{-19}$ A s (charge of an electron);
- I_r is the equivalent input noise current density of the amplifier, in A/√Hz.

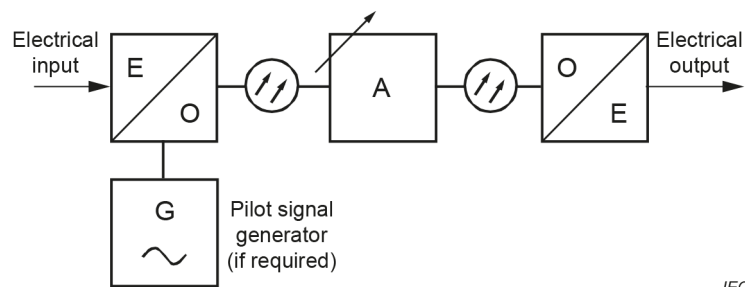
NOTE Additional items can be necessary, for example, to ensure correct calibration and operation of the test equipment (see IEC 60728-101).

4.14.3 General measurement requirements

- a) The test set-up shall be well-matched (electrically and optically) and the sensitivity of the measuring equipment (see IEC 60728-101) shall be well-known over the frequency range of the channel to be measured. The optical return loss shall be better than that allowed by the specification of the transmitter.
- b) Where the system to be measured includes automatic level control (ALC), pilot signals of the correct type and frequency and level shall be maintained throughout the tests.
- c) The spectrum analyser shall be calibrated and checked for satisfactory operation.

4.14.4 Measurement procedure

- a) The method for measuring the RF signal-to-noise ratio of analogue optical transmission systems is nearly the same as for cable networks (see IEC 60728-101). In this case, the system under test consists of an optical receiver connected to an optical transmitter via an optical attenuator (see Figure 15).



IEC

Figure 15 – Optical transmission system under test

- b) Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
c) Connect the equipment as shown in Figure 16.

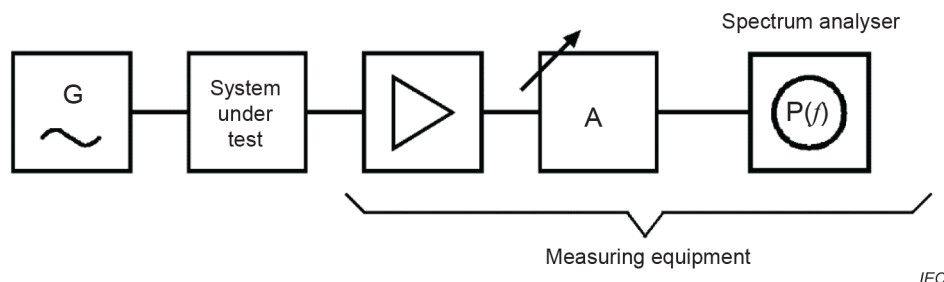


Figure 16 – Arrangement of test equipment for RF signal-to-noise ratio measurement

- d) Set the signal generator to the signal frequency of the channel to be tested. The amplitude of the signal generator shall be set to obtain a modulation index of $m = 0,2$. The result of this measurement can be extrapolated to other modulation indices using Equation (22) and Equation (23).
e) Connect the output of the system under test to the variable attenuator and the spectrum analyser.
f) Adjust the spectrum analyser as follows:
- | | | |
|--|-----|---------|
| resolution bandwidth (RSBW) (3 dB) | 10 | kHz |
| Video bandwidth | 30 | Hz |
| Horizontal scale | 200 | kHz/div |
| Vertical scale | 10 | dB/div |
| Scan time | 2 | s/div |
| Set 'low noise' measurement
(if this option is available) | | |

The RF signal-to-noise ratio of the system in dB is given by Equation (16):

$$R_{\text{SNR,sys}} = M_{\text{delta}} - C_b + C_a - C_n \quad (16)$$

where

M_{delta} is the delta marker level;

C_a is the analyser correction factor;

C_b is the bandwidth correction factor;

C_n is the noise correction factor.

The bandwidth correction factor C_b for the system is given by Equation (17):

$$C_b = 10 \cdot \lg \left(\frac{B_{\text{RSBW}}}{B_{\text{sys}}} \right) \quad (17)$$

where

B_{RSBW} is the resolution bandwidth (RSBW) of the spectrum analyser, in MHz;

B_{sys} is the bandwidth of the channel in MHz (e.g. 6,952 MHz for DVB-C with maximum symbol rate).

The analyser correction factor C_a is typically 1,7 dB (it accounts for a –0,8 dB term that takes into account that the equivalent noise bandwidth of the IF filter of the spectrum analyser is greater than the resolution bandwidth RSBW (indicated on the spectrum analyser) by a factor of 1,2, the correction of 1,05 dB due to the narrowband envelope detection and the 1,45 dB due to the logarithmic amplifier).

If the spectrum analyser offers the option to measure phase noise (marker noise), the SNR ratio can be read directly in dB(Hz^{–1}). This value has still to be related to the system bandwidth.

$$R_{\text{SNR,sys}} = R_{\text{SNR,meas}} - C_n \quad (18)$$

NOTE In most cases, this measurement option of the spectrum analyser includes the correction factor C_a , so it does not have to be considered any further.

When making the noise level contribution of the measuring equipment, noise can be taken into account reducing the measured noise level by an amount given by the noise correction factor C_n indicated in Table 1 that depends on the difference D between the noise level N_m measured when the measuring equipment is connected to the system under test and the noise level N_{eq} measured when the input of the measurement equipment is terminated on its characteristic impedance.

Firstly, calculate the difference D from Equation (19):

$$D = N_m - N_{\text{eq}} \quad (19)$$

Then read the noise correction factor C_n from Table 1. If the level difference D is lower than 4 dB, the reliability of the measurements becomes very low due to the high value of the correction factor C_n .

Table 1 – Noise correction factors C_n for different noise level differences D

D in dB	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
C_n in dB	2,20	1,65	1,26	0,97	0,75	0,58	0,46

According to Equation (13), the RF signal-to-noise ratios of the transmitter and the receiver can be calculated from the measured RF signal-to-noise ratio of the whole system:

a) for the receiver

$$R_{\text{SNR,RX}} = -10 \cdot \lg \left(10^{-\frac{1}{10} R_{\text{SNR,sys}}} - 10^{-\frac{1}{10} R_{\text{SNR,TX}}} \right) \quad (20)$$

b) for the transmitter

$$R_{\text{SNR,TX}} = -10 \cdot \lg \left(10^{-\frac{1}{10} R_{\text{SNR,sys}}} - 10^{-\frac{1}{10} R_{\text{SNR,RX}}} \right) \quad (21)$$

where

$R_{\text{SNR,sys}}$ is the measured SNR of the system;

$R_{\text{SNR,TX}}$ is the SNR of the transmitter;

$R_{\text{SNR,RX}}$ is the SNR of the receiver.

4.14.5 Relative intensity noise

Transforming Equation (14), a measured transmitters RF signal-to-noise ratio can be converted to its relative intensity noise (RIN):

$$N_{\text{RIN}} = 10 \cdot \lg \frac{m^2}{2B} - R_{\text{SNR,TX}} \quad (22)$$

where

m is the optical modulation index;

$R_{\text{SNR,TX}}$ is the transmitters RF signal-to-noise ratio (SNR), in dB;

B is the signal bandwidth, in Hz.

4.14.6 Equivalent input noise current density

Transforming Equation (15), a measured receivers RF signal-to-noise ratio can be converted to its equivalent noise current density from Equation (23):

$$I_r = \sqrt{\frac{m^2 P_0^2 r^2}{2B \cdot 10^{\frac{R_{\text{SNR,RX}}}{10}}} - 2e r P_0} \quad (23)$$

where

m is the optical modulation index;

P_0 is the optical power incident on the photodiode, in W;

r is the responsivity of the photodiode, in A/W;

B is the signal bandwidth, in Hz;

e is $1,6 \times 10^{-19}$ A s (charge of an electron);

$R_{\text{SNR,RX}}$ is the RF signal-to-noise ratio (SNR) of the receiver, in dB.

4.14.7 Potential sources of error

- Inaccuracy and the calibration of the spectrum analyser;
- inaccuracy of the variable attenuator;
- the method determines signal (plus noise)-to-noise ratio; however, the difference between this and the RF signal-to-noise ratio is very small if the value exceeds 15 dB. The method assumes that the random noise is evenly distributed within the channel.

4.15 Method for combined measurement of relative intensity noise (RIN), optical modulation index and equivalent input noise current

4.15.1 Purpose

With this method, the relative intensity noise and the optical modulation index of the transmitter as well as the equivalent input noise current of the receiver can be calculated from the noise measurement of the complete optical system.

The noise of an optical system consisting of a transmitter and a PIN-diode receiver is determined by the following noise sources:

- the relative intensity noise of the transmitter;
- the shot noise of the PIN-diode of the receiver;
- the equivalent input noise current density of the optical receiver, which includes all receiver-related noise sources excluding shot noise.

Knowing the appropriate quantities, the RF signal-to-noise ratio for the whole system can be calculated from Equation (24):

$$R_{\text{SNR}} = 20 \cdot \lg(m) - 10 \cdot \lg(2B) - 10 \cdot \lg \left[10^{-\frac{N_{\text{RIN}}}{10}} + \left(\frac{2e}{rP_0} + \frac{I_r^2}{r^2 P_0^2} \right) \right] \quad (24)$$

where

- N_{RIN} is the relative intensity noise, in dB(Hz⁻¹);
- m is the optical modulation index;
- P_0 is the optical power incident on the photodiode, in W;
- r is the responsivity of the photodiode, in A/W;
- B is the bandwidth, in Hz;
- e is $1,6 \times 10^{-19}$ A s (charge of an electron);
- I_r is the equivalent input noise current density, in A/√Hz.

With known responsivity r , the values of N_{RIN} , m and I_r can be extracted from a sufficiently large set of measurements of SNR versus P_{opt} using methods of curve fitting.

4.15.2 Equipment required

- A DC meter with a range suitable for the currents of the photodiode of the receiver.
- A selective voltmeter (spectrum analyser) with a known noise bandwidth less than that of the channel to be measured.
- A CW signal generator or a multi-carrier signal generator covering the frequencies at which the tests are to be carried out. The amplitude of the generator(s) shall be adjustable so that the sum of the individual modulation indices exceeds 0,2.

- d) A variable attenuator with a range greater than the RF signal-to-noise ratio expected.
- e) An optical attenuator with a range great enough to adjust the received optical power to the specified range of the receiver.
- f) An optical power meter with a range suitable for the expected power. The detector system of the power meter shall have a sufficiently large area to collect all the radiation from the fibre and a spectral sensitivity compatible with the transmitter. A minimum accuracy of $\pm 10\%$ is recommended.
- g) Two lengths of fibre for connecting the equipment.

4.15.3 General measurement conditions

For this measurement, a total optical modulation index not exceeding 0,2 shall be used to avoid instability of the transmitter.

4.15.4 Measurement procedure

- a) Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- b) Connect the equipment as shown in Figure 17.

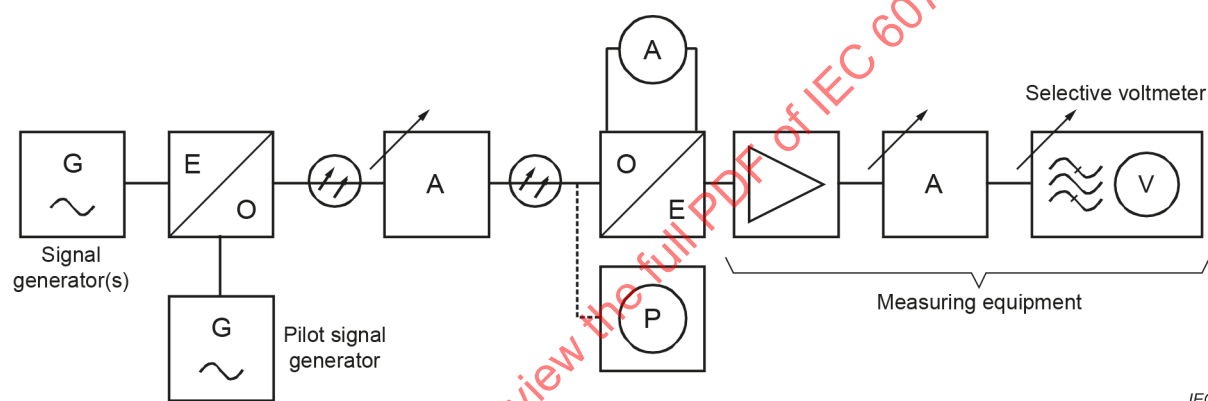


Figure 17 – Measurement set-up for determination of the noise parameters and the optical modulation index

- c) Adjust the optical attenuator to an output level suitable for the optical receiver.
- d) Record the reading P_1 of the optical power meter, in mW.
- e) After replacing the optical power meter by the optical receiver, measure the current I_1 of the photodiode.
- f) Reconnect the optical power meter and adjust the optical attenuator to a different optical power P_2 , in mW.
- g) Replace the optical power meter by the optical receiver and measure the current I_2 of the photodiode.
- h) The responsivity of the photodiode can be calculated from Equation (25):

$$r = \frac{I_2 - I_1}{P_2 - P_1} \quad (25)$$

- i) Connect the variable attenuator and selective voltmeter or spectrum analyser (and other items if required – see IEC 60728-101) to the output of the receiver.
- j) A set of 5 to 15 SNR measurements shall be carried out over the range of the optical input power of the receiver.

- k) The values for N_{RIN} , m and I_r can be extracted from the measurements by methods of curve fitting to Equation (24).

4.15.5 Potential sources of error

- Inaccuracy and the calibration of the selective voltmeter (spectrum analyser);
- inaccuracy of the variable attenuator;
- inaccuracy of the power meter;
- attenuation of the fibre and the optical connectors.

NOTE Statistical errors will be averaged depending on the number of measurements carried out.

4.16 Noise figure of optical amplifiers

For measuring the noise figure of optical amplifiers, the method described in IEC 61290-3-2 shall be used, because for modulated RF carrier systems, the total noise figure shall be measured. For measuring the linewidth of the source, the method in 4.7 can be used.

4.17 Influence of fibre

4.17.1 Purpose

Fibres influence the system performance of optical transmission systems through dispersion and other effects. This can result in a decrease of bandwidth and RF signal-to-noise ratio and, under certain circumstances, lead to poor linearity of the systems. The purpose of this test method is to measure the influence of fibre on the performance of optical transmission systems.

4.17.2 Equipment required

- A length of test fibre corresponding in length and type to the specification of the transmitter. If no fibre type is specified by the manufacturer, class B1.3 fibre in accordance with IEC 60793-2-50 shall be used.
- All equipment necessary to carry out measurements of SNR (see 4.14) and non-linear distortion (see 4.11 and 4.12)

4.17.3 Measurement procedure

For the measurement proceed as follows.

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the fibre to the transmitter.
- Repeat the non-linearity measurements (see 4.11 and 4.12), substituting the fibre at the output of the transmitter by this test fibre.

4.17.4 Potential sources of error

The features of the test equipment described in 4.11.4, 4.12.5 and 4.14.7 can impair the accuracy of the measurement.

4.18 SBS threshold

4.18.1 Purpose

Stimulated Brillouin scattering limits the maximum optical power that can be launched into the fibre. The threshold at which the SBS effect starts to influence the RF signal-to-noise ratio of the optical transmission system depends on the spectrum of the transmitter and the fibre properties. The purpose of this test method is to measure this threshold under specified conditions. The SBS threshold shall be expressed in dB(mW). Guidelines to accommodate and utilize non-linear effects in single mode fibre optic systems are published in IEC TR 61282-4.

4.18.2 Equipment required

- All equipment necessary to carry out SNR measurements for optical transmitters (see 4.14.2).
- A length of test fibre corresponding in length and type to the specification of the transmitter. If no fibre type is specified by the manufacturer, class B-652.D fibre in accordance with IEC 60793-2-50 shall be used.
- An optical amplifier suitable for the transmitter to be tested. The output power of this amplifier shall be higher than the expected SBS threshold plus the minimum attenuation of the second variable attenuator and the attenuation of the optical filter (see below).
- An optical filter suited for the wavelength of the transmitter suppressing the ASE of the optical amplifier in order to prevent spontaneous-spontaneous beat noise at the receiver.
- A second variable optical attenuator able to attenuate the output power of the optical amplifier below $P = 3$ dB(mW).

4.18.3 Measurement procedure

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the equipment as shown in Figure 18.

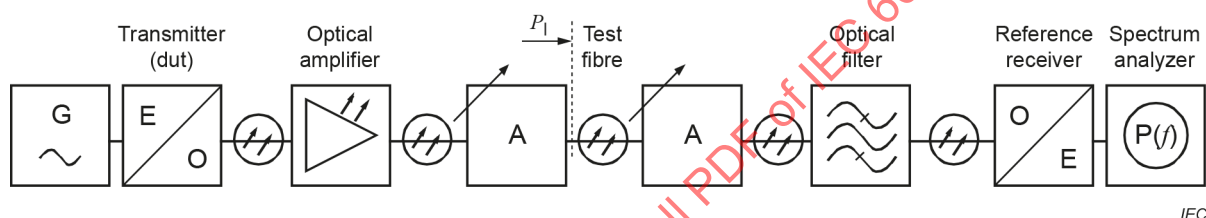


Figure 18 – Arrangement for measuring the SBS threshold

- Adjust the optical power launched into the fibre to below $P_1 = 3$ dB(mW) using the first variable attenuator. The other variable attenuator shall be adjusted to an output power level suitable for the optical receiver. This level should be close to the upper limit of the input power range of the receiver to obtain a high RF signal-to-noise ratio.
- Carry out an SNR measurement (see 4.14.4).
- Increase the launched power P_1 in a suitable step (e.g. +1 dB) using the first variable attenuator. Increase the attenuation of the second variable attenuator by the same amount of which the first attenuation was reduced to make sure that the optical receiver gets the same optical input power again.
- Repeat steps d) and e) until the RF signal-to-noise ratio measured dropped by more than 0,5 dB. The optical power launched into the fibre at this point is the SBS threshold.

4.18.4 Potential sources of error

- See 4.15.5;
- inaccuracy of the variable attenuators;
- instability of the optical amplifier.

4.19 Signal-to-crosstalk ratio (SCR)

4.19.1 Purpose

This method of measurement is applicable when other services (i.e. digital communication signals such as GPON, GEPON or Ethernet-Point-to-Point) besides CATV broadcast transmission (i.e. QAM or OFDM broadcast signals) are transmitted in the optical network. Other services can produce crosstalk effects in optical fibres and in optical receiver devices with high linearity.

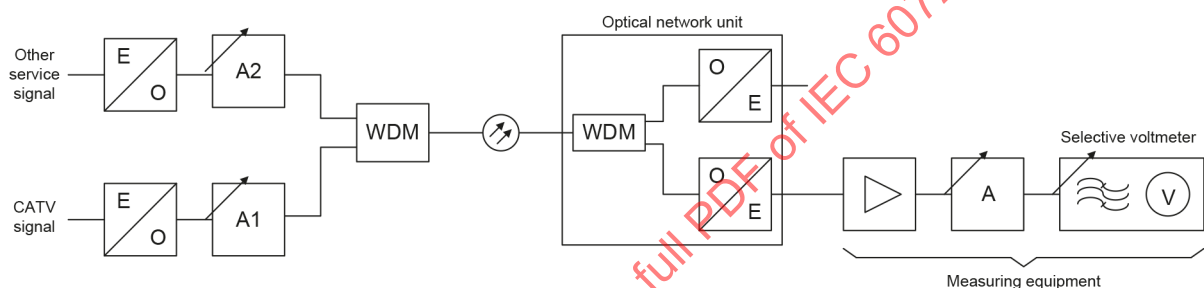
Crosstalk effects can arise when transmission of other services is applied by wavelength division multiplexing (WDM) on the same fibre and there is either insufficient optical wavelength filtering or relevant presence of non-linear fibre optical effects, or both. Insufficient optical wavelength filtering can be due to low triplexer quality. Important non-linear fibre optical effects can be stimulated Raman scattering (SRS), self-phase modulation (SPM) and cross-phase modulation (XPM). Among these causes, SRS-induced crosstalk is typically dominant, when analogue CATV broadcasting is transmitted on the 1550 nm wavelength and digital service signals use the 1490 nm wavelength owing to the fixed wavelength spacing.

4.19.2 Equipment required

- Running system with implemented CATV broadcast service and other service(s).
- A selective voltmeter (or spectrum analyser) covering the frequency range of the CATV broadcast service.

4.19.3 Measurement procedure

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the equipment as shown in Figure 19.



IEC

Figure 19 – Arrangement for measuring the SCR

- Carry out measurements with the service signals widely and closely spaced over each band of interest.
- Carry out measurements over the full specified range of both, optical power of CATV signal and optical power of other service signal at optical fibre input by adjusting optical attenuators A1 and A2.
- Carry out measurements with various other services' communication signal patterns. For example, measurement should be performed with and without digital idle signals (with and without payload), because signal pattern characteristics will influence crosstalk intensity.
- Connect the variable RF attenuator A and selective voltmeter (spectrum analyser) to the RF output port of optical receiver for CATV broadcast service. Tune the meter to each CATV signal and note the attenuator A value a_1 required to obtain a convenient meter reading R for the reference signal. The attenuator value a_1 should be slightly greater than other services' crosstalk SCR expected at the point of measurement.
- Tune the meter to the other services' crosstalk product to be measured and reduce the RF attenuator A setting to the value a_2 required to obtain the same meter reading R .

NOTE It can be necessary to temporarily switch off one CATV signal occupying frequency band of local interest during measurement of other services crosstalk single frequency level in order to obtain an accurate value a_2 .

- The other services' crosstalk, in dB, is given by Equation (26):

$$R_{SC} = a_1 - a_2 \quad (26)$$

where

a_1 is the RF attenuator A value when measuring the test signal used as a reference, in dB;

a_2 is the RF attenuator A value when measuring the crosstalk product, in dB.

4.19.4 Potential sources of error

- Inaccuracy of the selective voltmeter (spectrum analyser);
- inaccuracy of the variable attenuators.

5 Universal performance requirements and recommendations

5.1 Safety

The relevant safety requirements of all equipment shall conform to IEC 60728-11, where applicable. Concerning laser safety, optical transmitters and optical amplifiers shall additionally fulfil the requirements of IEC 60825-1.

5.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

The limits of radiation and susceptibility to interference for all equipment covered by this document are laid down in IEC 60728-2.

5.3 Environmental

Manufacturers shall classify their products in accordance with IEC 60529 (IP code).

Manufacturers shall publish relevant environmental information on their products in accordance with the requirements of the IEC 60068-2 series.

This will enable users to judge the product's suitability with regard to four main requirements: storage, transportation, installation and operation.

5.4 Marking

Each equipment shall be legibly and durably marked with the manufacturer's name and type number.

It is recommended that symbols in accordance with ISO 80416 and IEC 60417 are used when marking ports.

6 Active equipment

6.1 Optical transmitters

6.1.1 Data publication requirement

Manufacturers shall at least publish the following information:

- type of light source (e.g. DFB laser diode, cooled or not cooled, directly or externally modulated);
- output power, in dB(mW), and its tolerance;
- wavelength, in nm;
- RF input level for dedicated OMI (e.g. $m = 5\%$ or 35%) including maximum operating level;
- fibre connection;
- supply voltage and power consumption.

6.1.2 Recommendations

Moreover, the manufacturer shall at least publish information on parameters deviating from the recommendations as specified in Table 2 or Table 3.

Table 2 – Recommendations for optical forward path transmitters

Parameter	Recommendation
Frequency range	54 MHz to 1 218 MHz 70 MHz to 3 300 MHz for SAT-IF transmitters
RIN	$< -155 \text{ dB(Hz}^{-1}\text{)}$
Test point output for checking the actual modulation index	It shall be specified which voltage is needed at this test point to achieve a dedicated modulation index
Alarms and indicators	Optical output level failure and deviation from nominal temperature range
Fibre connection	High return loss connector/splice
Mechanical dimensions	For operation in buildings: 19" rack mountable

Table 3 – Recommendations for optical return path transmitters

Parameter	Recommendation
Frequency range	5 MHz to 204 MHz
RIN	$< -145 \text{ dB(Hz}^{-1}\text{)}$
Fibre connection	High return loss connector/splice

6.2 Optical receivers

6.2.1 Data publication requirements

The manufacturer shall at least publish information on the following parameters:

- optical input wavelength range;
- optical input power range;
- equivalent input noise current density, in $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$;
- reference output level (at dedicated optical input power and OMI of e.g. $m = 5 \%$ or 35%) – including output level AGC range if relevant;
- fibre connection;
- supply voltage and power consumption.

6.2.2 Recommendations

Manufacturers shall at least publish information on parameters deviating from the recommendations indicated in Table 4.

Table 4 – Recommendations for optical receivers

Parameter	Recommendation
Wavelength range	1 250 nm to 1 650 nm
Frequency range Forward path optical receiver Return path optical receiver	54 MHz to 1 218 MHz and 70 MHz to 3 300 MHz for SAT-IF receivers 5 MHz to 204 MHz
Equivalent input noise current density Forward path optical receiver Return path optical receiver	< 6 pA/√Hz < 3 pA/√Hz
Receiver second order intermodulation Forward path optical receiver Return path optical receiver	> 60 dB > 40 dB
Receiver triple beat intermodulation Forward path optical receiver Return path optical receiver	> 70 dB > 50 dB
Fibre connection	High return loss connector/splice

6.3 Optical amplifiers

6.3.1 Data publication requirements

The manufacturer shall at least publish the information specified in Table 5.

Table 5 – Parameters of optical amplifiers

	Parameters	Unit	Minimum value	Maximum value	Test method see
Transmission characteristics	Wavelength band	nm			IEC 61290-1 series
	Input power range	dB(mW)			IEC 61290-1 series
	Output power range	dB(mW)			IEC 61290-1 series
	Saturation output power ^a	dB(mW)	n/a		IEC 61290-1 series
	Noise figure	dB	n/a		IEC 61290-3-2
	Input optical return loss	dB	–45		IEC 61290-5 series
	Output optical return loss	dB	n/a		IEC 61290-5 series
	Pump leakage to input	dB(mW)	n/a		IEC 61290-6-1
	Pump leakage to output	dB(mW)	n/a		IEC 61290-6-1
	Polarization mode dispersion (PMD)	ps	n/a		IEC 61290-11 series
Safety parameters	Safety laser classification		n/a	n/a	IEC 60825-1
Interface parameters	Type of input connector				–
	Type of output connector				–
	Type of fibre				–
	Supply voltage(s)	V			–
	Power consumption	W			–

^a If a compression factor N different than $N = 3$ is used, this factor has to be stated.

6.3.2 Recommendations for optical amplifiers

Moreover, the manufacturer shall at least publish information on parameters deviating from the recommendations in Table 6.

Table 6 – Recommendations for optical amplifiers

Parameter	Recommendation
Input/output optical signal wavelength	1 550 nm to 1 560 nm
Output power per port	< 21,3 dB(mW) ^{a, b}
Noise figure	< 5,5 dB ^a
Alarms	Optical signal input, optical amplifier, power supply alarm
Indicators	An output power "on" indicator, indicating when light is emitted, shall be provided.
^a Input power at 0 dB(mW).	
^b Output power of trunk line and access line shall be less than the SBS suppression level.	

7 Passive equipment

Manufacturers shall publish information on the following parameters relating to connectors and splices:

- type of connector or splice;
- type of fibre;
- insertion loss, in dB:
 - maximum value,
 - mean value,
 - for connectors: repeatability;
- minimum return loss, in dB: it is recommended that this value exceeds 50 dB;
- operating wavelength range in nm;
- mean operating time between failure (MTBF): under consideration.

Bibliography

IEC 60050-731:1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 731: Optical fibre communication*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*, available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*, available at <http://std.iec.ch/iec60617>

IEC 60728-1:2014, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 1: System performance of forward paths*

IEC 60728-113, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 113: Optical systems for broadcast signal transmissions loaded with digital channels only*

IEC 60728-2, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 2: Electromagnetic compatibility for equipment*

IEC 60728-6:2011, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment*

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

IEC 61280-4-2, *Fibre-optic communication subsystem test procedures – Part 4-2: Installed cable plant – Single-mode attenuation and optical return loss measurement*

IEC 61281-1:2017, *Fibre optic communication subsystems – Part 1: Generic specification*

IEC TR 61282-4, *Fibre optic communication system design guides – Part 4: Accommodation and utilization of non-linear effects*

IEC 61291-1:2018, *Optical amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC TR 61931:1998, *Fibre optics – Terminology*

ISO 80416 (all parts), *Basic principles for graphical symbols for use on equipment*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	52
INTRODUCTION.....	54
1 Domaine d'application	55
2 Références normatives	55
3 Termes, définitions, symboles graphiques et abréviations.....	56
3.1 Termes et définitions	56
3.2 Symboles graphiques.....	64
3.3 Abréviations.....	66
4 Méthodes de mesurage	67
4.1 Exigences de mesurage.....	67
4.1.1 Généralités.....	67
4.1.2 Spécification d'entrée	67
4.1.3 Conditions de mesurage	67
4.2 Puissance optique.....	67
4.3 Pertes, isolement, facteur de découplage et rapport de couplage.....	67
4.3.1 Généralités.....	67
4.3.2 Exigences de mesurage.....	67
4.3.3 Procédure de mesurage.....	68
4.4 Affaiblissement de réflexion	68
4.5 Puissance de sortie en saturation d'un amplificateur optique	68
4.5.1 Objet	68
4.5.2 Procédure de mesurage.....	69
4.6 Longueur d'onde centroïdale et largeur spectrale sous modulation	69
4.7 Largeur de raie et fluctuation de longueur d'onde des émetteurs avec lasers unimodaux	69
4.7.1 Objet	69
4.7.2 Matériel exigé.....	69
4.7.3 Exigences générales de mesurage	70
4.7.4 Procédure de mesurage.....	70
4.7.5 Sources d'erreurs possibles.....	71
4.8 Indice de modulation optique	71
4.8.1 Objet	71
4.8.2 Matériel exigé.....	71
4.8.3 Procédure de mesurage.....	72
4.8.4 Sources d'erreurs possibles.....	72
4.9 Niveau de sortie de référence d'un récepteur optique.....	73
4.9.1 Objet	73
4.9.2 Matériel exigé.....	73
4.9.3 Exigences générales de mesurage	73
4.9.4 Procédure de mesurage.....	73
4.9.5 Sources d'erreurs possibles.....	74
4.10 Pente et planéité.....	74
4.10.1 Objet	74
4.10.2 Matériel exigé.....	74
4.10.3 Procédure de mesurage.....	74
4.10.4 Sources d'erreurs possibles.....	75
4.11 Non-linéarité de l'émetteur	76

4.11.1	Objet	76
4.11.2	Matériel exigé	76
4.11.3	Procédure de mesurage	76
4.11.4	Sources d'erreurs possibles	77
4.12	Intermodulation du récepteur	77
4.12.1	Objet	77
4.12.2	Matériel exigé	77
4.12.3	Exigences générales de mesurage	77
4.12.4	Procédure de mesurage	78
4.12.5	Sources d'erreurs possibles	79
4.13	Basculement de gain microscopique des amplificateurs optiques	79
4.13.1	Objet	79
4.13.2	Matériel exigé	79
4.13.3	Procédure de mesurage	80
4.13.4	Sources d'erreurs possibles	80
4.14	Paramètres de bruit des émetteurs optiques et des récepteurs optiques	81
4.14.1	Objet	81
4.14.2	Matériel exigé	81
4.14.3	Exigences générales de mesurage	83
4.14.4	Procédure de mesurage	83
4.14.5	Bruit d'intensité relatif	86
4.14.6	Densité de courant d'entrée équivalente au bruit	86
4.14.7	Sources d'erreurs possibles	86
4.15	Méthode de mesurage combiné du bruit d'intensité relatif (RIN), de l'indice de modulation optique et du courant d'entrée équivalent au bruit	86
4.15.1	Objet	86
4.15.2	Matériel exigé	87
4.15.3	Conditions générales de mesurage	87
4.15.4	Procédure de mesurage	88
4.15.5	Sources d'erreurs possibles	88
4.16	Facteur de bruit des amplificateurs optiques	89
4.17	Influence de la fibre	89
4.17.1	Objet	89
4.17.2	Matériel exigé	89
4.17.3	Procédure de mesurage	89
4.17.4	Sources d'erreurs possibles	89
4.18	Seuil SBS	89
4.18.1	Objet	89
4.18.2	Matériel exigé	89
4.18.3	Procédure de mesurage	90
4.18.4	Sources d'erreurs possibles	90
4.19	Écart diaphonique (SCR)	90
4.19.1	Objet	90
4.19.2	Matériel exigé	91
4.19.3	Procédure de mesurage	91
4.19.4	Sources d'erreurs possibles	92
5	Exigences de performance et recommandations universelles	92
5.1	Sécurité	92
5.2	Compatibilité électromagnétique (CEM)	92

5.3	Environnement.....	92
5.4	Marquage	92
6	Matériel actif.....	93
6.1	Émetteurs optiques	93
6.1.1	Exigence relative à la publication des données	93
6.1.2	Recommandations	93
6.2	Récepteurs optiques	93
6.2.1	Exigences relatives à la publication des données	93
6.2.2	Recommandations	94
6.3	Amplificateurs optiques	94
6.3.1	Exigences relatives à la publication des données	94
6.3.2	Recommandations pour les amplificateurs optiques.....	95
7	Matériel passif	95
	Bibliographie.....	96

Figure 1 – Basculement et basculement de gain microscopique des amplificateurs optiques.....	59
Figure 2 – Mesurage des pertes optiques, du facteur de découplage, de l'isolement et du rapport de couplage	68
Figure 3 – Puissance de sortie en saturation d'un amplificateur optique.....	69
Figure 4 – Mesurage de la fluctuation de longueur d'onde et de la largeur de raie des émetteurs	70
Figure 5 – Mesurage de l'indice de modulation optique	72
Figure 6 – Mesurage du niveau de sortie de référence d'un récepteur optique	73
Figure 7 – Mesurage de la pente et de la planéité	74
Figure 8 – Évaluation de la pente.....	75
Figure 9 – Évaluation de la planéité.....	75
Figure 10 – Matériel en essai (EUT) pour le mesurage de la non-linéarité des émetteurs optiques	76
Figure 11 – Montage du matériel d'essai pour mesurer l'intermodulation du récepteur	78
Figure 12 – Montage du matériel d'essai pour mesurer le basculement de gain microscopique	80
Figure 13 – Système avec sources de bruit internes	81
Figure 14 – Récepteur à diode PIN	82
Figure 15 – Système de transmission optique en essai	83
Figure 16 – Montage du matériel d'essai pour mesurer le rapport signal/bruit RF.....	83
Figure 17 – Montage de mesure pour déterminer les paramètres de bruit et l'indice de modulation optique	88
Figure 18 – Montage pour mesurer le seuil SBS	90
Figure 19 – Montage pour mesurer le SCR	91

Tableau 1 – Facteurs de correction du bruit C_n pour plusieurs différences de niveau de bruit D	85
Tableau 2 – Recommandations pour les émetteurs optiques à voie directe	93
Tableau 3 – Recommandations pour les émetteurs optiques à voie de retour	93
Tableau 4 – Recommandations pour les récepteurs optiques.....	94

Tableau 5 – Paramètres des amplificateurs optiques	94
Tableau 6 – Recommandations pour les amplificateurs optiques.....	95

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-106:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE DISTRIBUTION PAR CÂBLES POUR SIGNAUX
DE TÉLÉVISION, SIGNAUX DE RADIODIFFUSION SONORE
ET SERVICES INTERACTIFS –****Partie 106: Matériel optique pour systèmes soumis à une charge
de porteuses exclusivement numériques**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 60728-106 a été établie par le domaine technique 5: Réseaux câblés pour les signaux de télévision, signaux sonores et services interactifs, du comité d'études 100 de l'IEC: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
100/3899/FDIS	100/3923/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60728, publiées sous le titre général *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Les Normes internationales et autres publications de la série IEC 60728 traitent des réseaux de distribution par câbles, notamment des matériels et des méthodes de mesurage associées pour la réception en tête de réseau, le traitement et la distribution de signaux de télévision et de signaux de radiodiffusion sonore et pour le traitement, l'interfaçage et la transmission de tous types de signaux de données pour les services interactifs qui utilisent tout support de transmission applicable. Ces signaux sont habituellement transmis dans les réseaux par des techniques de multiplexage fréquentiel.

Cela comprend, par exemple:

- les réseaux régionaux et locaux de distribution par câbles à large bande,
- les systèmes de distribution par satellite et terrestres étendus pour signaux de télévision,
- les systèmes de réception par satellite et terrestres individuels pour signaux de télévision,

et tous types de matériels, de systèmes et d'installations utilisés dans de tels réseaux de distribution par câbles, systèmes de distribution et systèmes de réception.

Ce travail de normalisation s'étend des antennes et/ou interfaces spéciales en tête de réseau, ou en d'autres points d'interface sur le réseau, à toute interface terminale du matériel dans les locaux du client.

Le travail de normalisation prend en compte la coexistence des utilisateurs du spectre RF dans les systèmes de transmission filaires et sans fil.

La normalisation des terminaux utilisateurs (à savoir syntoniseurs, récepteurs, décodeurs, terminaux multimédias) ainsi que des câbles coaxiaux, lignes symétriques et câbles optiques et de leurs accessoires en est exclue.

RÉSEAUX DE DISTRIBUTION PAR CÂBLES POUR SIGNAUX DE TÉLÉVISION, SIGNAUX DE RADIODIFFUSION SONORE ET SERVICES INTERACTIFS –

Partie 106: Matériel optique pour systèmes soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60728 définit les méthodes de mesurage, les exigences de performance et les exigences de publication des données des matériels optiques des réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques.

Le présent document:

- s'applique à l'ensemble des émetteurs, récepteurs, amplificateurs, coupleurs directifs, isolateurs, multiplexeurs, connecteurs et épissures optiques, utilisés dans les réseaux de distribution par câbles;
- couvre la plage de fréquences de 5 MHz à 3 300 MHz;

NOTE La limite supérieure de 3 300 MHz est un exemple, non une valeur stricte.

- identifie les exigences de performances assurées pour certains paramètres;
- établit les exigences de publication des données avec les performances assurées;
- décrit les méthodes de mesurage pour les essais de conformité.

Toutes les exigences et données publiées se rapportent aux niveaux de performance minimale dans la plage de fréquences spécifiée et dans des conditions bien adaptées qui peuvent s'appliquer aux réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60728-101, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 101: Performances des systèmes de voie directe soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques*

IEC 60728-3:2017, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 3: Matériel actif à large bande pour réseaux de distribution par câbles*

IEC 60728-11, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 11: Sécurité*

IEC 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

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

IEC 61280-1-1, *Procédures d'essai de base des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-1: Procédures d'essai des sous-systèmes généraux de télécommunication – Mesure de la puissance optique des émetteurs couplés à des câbles à fibres optiques unimodales*

IEC 61280-1-3, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-3: General communication subsystems – Measurement of central wavelength, spectral width and additional spectral characteristics* (disponible en anglais seulement)

IEC 61290-1 (toutes les parties), *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 1: Paramètres de puissance et de gain*

IEC 61290-3-2:2008, *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essais – Partie 3-2: Paramètres du facteur de bruit – Méthode de l'analyseur spectral électrique*

IEC 61290-5 (toutes les parties), *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 5: Paramètres de réflectance*

IEC 61290-6-1, *Amplificateurs à fibres optiques – Spécification de base – Partie 6-1: Méthodes d'essai pour les paramètres de fuite de pompe – Démultiplexeur optique*

IEC 61290-11 (toutes les parties), *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 11: Paramètre de dispersion du mode de polarisation*

IEC 61300-3-6, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-6: Examens et mesures – Affaiblissement de réflexion*

3 Termes, définitions, symboles graphiques et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

émission spontanée amplifiée

ASE

dans un amplificateur optique, puissance rayonnante associée à des photons émis spontanément et amplifiée par un milieu actif

Note 1 à l'article: L'abréviation "ASE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "amplified spontaneous emission".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.87]

3.1.2

diffusion de Brillouin stimulée

SBS

diffusion non linéaire du rayonnement optique caractérisée par un déplacement de fréquence comme dans le cas de la diffusion de Raman, mais accompagnée d'une vibration (acoustique) de fréquence plus faible du réseau cristallin moyen

Note 1 à l'article: La lumière est diffusée en arrière en fonction du rayonnement incident.

Note 2 à l'article: Dans les fibres de silice, le changement de longueurs d'onde se situe généralement à environ 10 GHz.

Note 3 à l'article: L'abréviation "SBS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "stimulated Brillouin scattering".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.1.88, modifié – Le terme et la définition ont été modifiés pour satisfaire à la dernière version des Directives ISO/IEC, Partie 2.]

3.1.3

longueur d'onde centroïdale

longueur d'onde moyenne d'un spectre optique

Note 1 à l'article: Les autres longueurs d'onde spectrales sont les longueurs d'onde centrales, les longueurs d'onde à demi-puissance et les longueurs d'onde de crête.

3.1.4

fluctuation de longueur d'onde

variation rapide de la longueur d'onde d'émission d'une source optique dont l'intensité est modulée directement en fonction de l'intensité du signal de modulation

Note 1 à l'article: Il convient de ne pas confondre la fluctuation de longueur d'onde avec la dérive à long terme des longueurs d'onde.

Note 2 à l'article: Si l'on utilise un laser unimodal, la fluctuation de longueur d'onde peut engendrer soit une dégradation soit une amélioration de la largeur de bande totale, due à la dispersion chromatique de fibre.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.44]

3.1.5

dispersion chromatique

DÉCONSEILLÉ: dispersion totale

élargissement d'une impulsion lumineuse par largeur spectrale d'une source dans une fibre optique, dû à des variations des vitesses de groupe des différentes longueurs d'onde composant la base spectrale

Note 1 à l'article: La dispersion du matériau, la dispersion du guide d'ondes, la dispersion du profil d'indice peuvent être les causes d'une dispersion chromatique.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.4.54]

3.1.6

mode de gaine

mode d'une fibre optique tel que le champ électromagnétique reste confiné dans le cœur et la gaine par suite de la présence d'un milieu de plus faible indice de réfraction autour de la gaine la plus externe

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-03-60]

3.1.7

durée de cohérence

durée pendant laquelle un rayonnement optique peut être considéré comme cohérent

Note 1 à l'article: La durée de cohérence est égale au quotient de la longueur de cohérence par la vitesse de phase de la lumière dans le milieu.

Note 2 à l'article: La durée de cohérence d'une raie spectrale de largeur $\Delta\lambda$ et de longueur d'onde centrale λ_0 est approximativement égale à $\lambda_0^2/(c \cdot \Delta\lambda)$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide.

3.1.8

coupleur directif

dispositif de couplage directif

dispositif destiné à transférer un signal optique vers les accès de sortie d'une manière prédéterminée seulement si le rayonnement est envoyé dans un accès d'entrée prédéterminé

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le terme coupleur directif est le terme privilégié, car il s'agit également du terme qui correspond à son équivalent électrique.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.22, modifié – Le terme "coupleur directif" est passé du statut déconseillé au statut privilégié, et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.9

facteur de découplage

facteur de directivité

rapport, habituellement exprimé en décibels, de la puissance de sortie mesurée à l'accès adéquat de l'une des lignes de transmission d'un coupleur directif, lorsque l'autre ligne est alimentée dans la direction voulue, et de la puissance de sortie mesurée au même endroit lorsque la même ligne est alimentée avec la même puissance dans la direction opposée, des terminaisons adaptées étant connectées à tous les accès

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-14-03]

3.1.10

densité de courant d'entrée équivalente au bruit

densité de courant de bruit d'entrée théorique qui, lorsqu'elle est appliquée à l'entrée d'un dispositif non résonnant théorique, produit une densité de courant de bruit de sortie égale en valeur à la densité observée à la sortie du dispositif réel à l'étude

Note 1 à l'article: La densité peut être calculée à partir du rapport signal/bruit RF (voir le 4.14).

3.1.11

dispositif de couplage en fibre optique

dispositif de couplage en fibre optique

DÉCONSEILLÉ: coupleur en fibre optique

dispositif en fibre optique, composé de trois accès optiques ou plus, qui répartit la puissance rayonnante entre les différents accès d'une manière prédéterminée, sur la ou les mêmes longueurs d'onde, sans conversion de longueur d'onde

Note 1 à l'article: Les accès d'un dispositif optique peuvent être connectés à des fibres optiques, des sources optiques, à des photodétecteurs, etc.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.21]

3.1.12

planéité

différence entre le gain ou l'affaiblissement maximal et minimal réduit par la pente dans la plage de fréquences de modulation spécifiée d'un dispositif ou d'un système

3.1.13

isolateur optique

isolateur

dispositif optique non réciproque à deux accès destiné à supprimer le retour de réflexion alors qu'il y a une perte d'insertion minimale dans le sens direct, basé sur l'effet Faraday

Note 1 à l'article: Un isolateur est généralement destiné à empêcher la propagation d'ondes réfléchies sur une ligne de transmission.

Note 2 à l'article: Un isolateur est généralement dépendant de la polarisation; cependant, il existe des isolateurs indépendants de la polarisation optique.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.30]

3.1.14

basculement de gain microscopique

pente due à des ondulations à intervalles de l'ordre du sous-nanomètre dans la caractéristique de gain en fonction de la longueur d'onde dans la plage de longueurs d'onde spécifiée des amplificateurs optiques (voir la Figure 1)

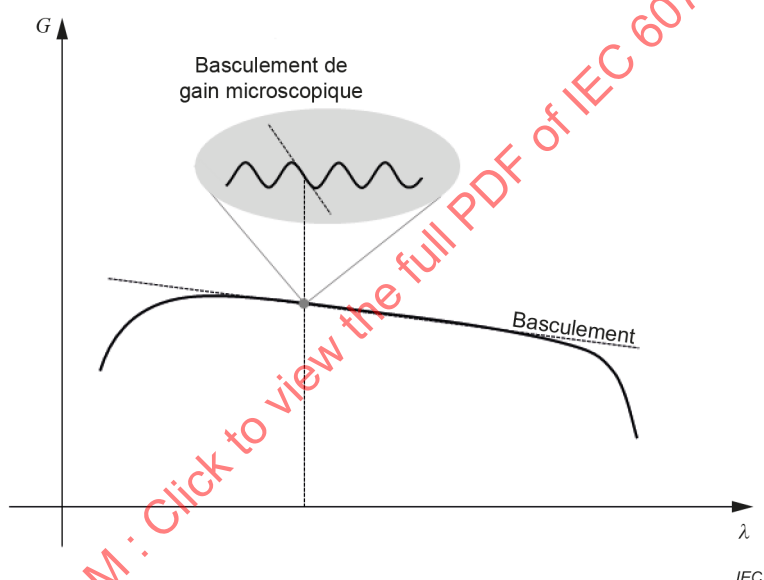


Figure 1 – Basculement et basculement de gain microscopique des amplificateurs optiques

3.1.15

multiplexeur

dispositif MRL

dispositif de couplage qui sélectionne les longueurs d'onde (utilisé dans les systèmes de transmission MRL) et dans lequel les signaux optiques peuvent être transférés entre deux accès prédéterminés, selon la longueur d'onde du signal

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.51]

3.1.16

facteur de bruit

NF

diminution du rapport signal/bruit (SNR), à la sortie d'un détecteur optique avec un rendement quantique égal à un et un bruit en excès nul, due à la propagation d'un signal impulsionnel limité en bruit à travers l'amplificateur optique (OA)

Note 1 à l'article: Il convient d'établir les conditions de fonctionnement pour lesquelles le facteur de bruit est spécifié, d'autant plus qu'il dépend de la puissance optique d'entrée et de la longueur d'onde utilisée.

Note 2 à l'article: Cette propriété peut être déterminée comme une valeur discrète de longueur d'onde ou en fonction de la longueur d'onde.

Note 3 à l'article: La dégradation du bruit due à l'OA est imputable à différents facteurs, par exemple le bruit de battement signal/émission spontanée, le bruit de battement émission spontanée/émission spontanée, le bruit dû aux réflexions internes, le bruit de grenaille, le bruit de grenaille de à l'émission spontanée. Chacun de ces facteurs dépend de différentes conditions qu'il convient de spécifier pour une évaluation correcte du facteur de bruit.

Note 4 à l'article: Par convention, ce facteur de bruit est un nombre positif.

Note 5 à l'article: Dans le cas des OA pour applications analogiques, le facteur de bruit représente également le rapport entre les rapports signal/bruit RF des signaux d'entrée et de sortie.

Note 6 à l'article: Le facteur de bruit est exprimé en dB.

Note 7 à l'article: L'abréviation "NF" est dérivée du terme anglais développé correspondant "noise figure".

3.1.17

amplificateur optique

OA

dispositif à guide d'ondes optique composé d'un milieu actif pompé de manière adéquate, capable d'amplifier un signal optique

Note 1 à l'article: L'abréviation "OA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical amplifier".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.75]

3.1.18

module de transmission optique

récepteur optique

RX

récepteur qui tolère à son accès d'entrée une onde porteuse optique modulée et qui fournit à son accès de sortie le signal électrique démodulé correspondant (accompagné de l'horloge qui lui est associée s'il est numérique)

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, les récepteurs optiques peuvent comporter plusieurs accès de sortie qui fournissent des signaux électriques RF.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.7, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.19

coefficient de réflexion

affaiblissement de réflexion

ORL

rapport, exprimé en décibels, de la puissance réfléchie totale à la puissance incidente provenant d'une fibre, d'un dispositif ou d'un système optiques et représenté par l'Équation (1)

$$-10 \lg \frac{P_r}{P_i} \quad (1)$$

où

P_r est la puissance réfléchie;

P_i est la puissance incidente.

Note 1 à l'article: Lorsque l'on fait référence à la puissance réfléchie pour un composant individuel, il est préférable d'employer le terme réflectance ou facteur de réflexion.

Note 2 à l'article: Pour les besoins du présent document, le terme "réflectance" est utilisé uniquement pour les amplificateurs optiques. Le terme "affaiblissement de réflexion" est utilisé pour désigner les accès de tous les autres types de matériels.

Note 3 à l'article: Le terme "affaiblissement de réflexion" est également utilisé pour les accès électriques. Dans ce cas, la définition se rapporte aux puissances électriques.

Note 4 à l'article: L'abréviation "ORL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical return loss".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.49, modifié – Les Notes 2 et 3 à l'article ont été ajoutées.]

3.1.20

module d'émission optique

émetteur optique

TX

émetteur qui tolère à son accès d'entrée un signal électrique et qui fournit à son accès de sortie une onde porteuse optique modulée par un signal d'entrée

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, les émetteurs optiques peuvent comporter plusieurs accès d'entrée qui acceptent les signaux électriques RF.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.6, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.21

polarisation

orientation du vecteur champ électrique d'un rayonnement électromagnétique

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.1.44]

3.1.22

indice de modulation optique

l'indice de modulation optique m est défini par l'Équation (2):

$$m_k = \frac{\phi_h - \phi}{\phi_h + \phi} \quad (2)$$

où

ϕ_h est la plus grande puissance optique instantanée du signal optique modulé en intensité;

ϕ est la plus petite puissance optique instantanée du signal optique modulé en intensité.

Note 1 à l'article: Cette définition ne s'applique pas aux systèmes, où les signaux d'entrée sont convertis et acheminés sous la forme de signaux numériques en bande de base. Dans ce cas, les termes "profondeur de modulation" ou "rapport d'extinction" définis au 2.6.79 et au 2.7.46 de l'IEC TR 61931:1998 sont utilisés. Une procédure d'essai pour le rapport d'extinction est décrite dans l'IEC 61280-2-2.

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.10, modifié – La définition a été clarifiée, et les Notes 1 et 2 à l'article ont été remplacées par une nouvelle Note 1 à l'article.]

3.1.23

niveau de sortie de référence d'un récepteur optique

décalage x par lequel la grandeur électrique de sortie électrique d'un récepteur optique peut être calculée à partir de la grandeur optique d'entrée selon un indice de modulation de $m = 0,05$ à l'aide de l'Équation (3) suivante:

$$U = 2 P_{\text{opt,RX}} + x \text{ dB}(\mu\text{V}) \quad (3)$$

où

U est la grandeur électrique de sortie, en dB(μV);

$P_{\text{opt,RX}}$ est la grandeur optique d'entrée, en dB(mW);

x est le niveau de sortie de référence, en dB(μV).

3.1.24

bruit d'intensité relatif

RIN

rapport entre la racine carrée des fluctuations d'intensité de la puissance optique d'une source de lumière et le carré de la moyenne de la puissance optique de sortie

Note 1 à l'article: Le RIN est habituellement exprimé en dB(Hz⁻¹), ce qui donne des valeurs négatives.

Note 2 à l'article: La valeur du RIN peut également être calculée d'après les mesures du rapport signal/bruit RF pour le système (voir le 4.15).

Note 3 à l'article: L'abréviation "RIN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "relative intensity noise".

3.1.25

sensibilité (énergétique)

quotient de la grandeur électrique de sortie d'un photodétecteur par la grandeur optique d'entrée à une longueur d'onde donnée

Note 1 à l'article: La sensibilité est généralement exprimée en ampères ou en volts par watt de puissance rayonnante incidente.

Note 2 à l'article: En anglais, le terme "sensitivity" est parfois utilisé de façon imprécise pour désigner la sensibilité énergétique.

Note 3 à l'article: L'intervalle de longueur d'onde autour de la longueur d'onde donnée peut être spécifié.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.56]

3.1.26

rapport signal/bruit RF

SNR

rapport signal sur bruit pour un signal à modulation numérique dans la bande RF

Note 1 à l'article: L'abréviation "SNR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "signal-to-noise ratio".

[SOURCE: IEC 60728-1:2014, 3.1.80, modifié – Le terme a été remplacé].

3.1.27**puissance de sortie en saturation****puissance de compression du gain**

niveau de puissance optique associé au signal de sortie au-dessus duquel le gain est réduit de N dB par rapport au gain en petits signaux, à la longueur d'onde du signal

Note 1 à l'article: Il convient d'établir la longueur d'onde à laquelle le paramètre est spécifié.

Note 2 à l'article: Typiquement, $N = 3$.

[SOURCE: IEC 61291-1:2018, 3.2.1.29]

3.1.28 **R_{SC}** **écart diaphonique****SCR**

différence entre le niveau du signal de radiodiffusion CATV et le niveau de signal de diaphonie de fréquence unique d'autres services dans le cas le plus défavorable, mesurée sur l'accès de sortie RF du récepteur optique pour le service de radiodiffusion CATV et donnée par l'Équation (4) suivante:

$$R_{SC} = D_{CATV} - U_{OS} \quad (4)$$

où

D_{CATV} est le niveau nominal du signal de radiodiffusion CATV, en dB(μ V), à l'accès de sortie RF du récepteur de radiodiffusion CATV optique;

U_{OS} est le niveau de diaphonie le plus défavorable sur une fréquence provoqué par un autre service, en dB(μ V), mesuré à l'accès de sortie RF du récepteur de radiodiffusion CATV optique;

R_{SC} est exprimé en décibels.

Note 1 à l'article: L'abréviation "SCR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "signal-to-crosstalk ratio".

3.1.29**pente**

différence des gains ou des affaiblissements à deux fréquences définies, entre deux accès quelconques d'un dispositif ou d'un système

Note 1 à l'article: Dans le présent document, le terme "pente" concerne uniquement le gain ou l'affaiblissement électrique du matériel.

Note 2 à l'article: Dans les matériels pour réseaux de distribution par câbles, une ligne de meilleur ajustement de la réponse amplitude-fréquence est prise en compte aux limites de bande (voir le 4.10).

3.1.30**gains en petits signaux****SSG**

gain de l'amplificateur optique (OA) qui fonctionne en régime linéaire, lorsque le gain est pratiquement indépendant de la puissance optique du signal d'entrée, pour une longueur d'onde donnée du signal et un niveau donné de puissance optique de la pompe

Note 1 à l'article: Cette propriété peut être définie pour des valeurs discrètes de longueur d'onde ou en fonction de la longueur d'onde.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SSG" est dérivée du terme anglais développé correspondant "small-signal gain".

3.1.31

largeur de raie

différence entre les longueurs d'onde extrêmes qui limitent le domaine des longueurs d'onde d'une raie spectrale

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-06-22]

3.1.32

largeur spectrale

différence entre les longueurs d'onde extrêmes qui limitent l'étendue d'un spectre ou le domaine de longueurs d'onde à l'intérieur duquel une caractéristique spectrale possède une propriété spécifiée

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-06-24]

3.1.33

épissure optique

raccord permanent ou semi-permanent destiné à assurer la continuité de la transmission entre deux fibres optiques

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-05-05, modifié – "semi-permanent" a été ajouté à la définition.]

3.1.34

longueur d'onde

distance couverte par la surface d'une harmonique plane, dans une période donnée

Note 1 à l'article: La longueur d'onde λ de la lumière dans le vide est donnée par l'Équation (5)

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5)$$

où

c est la vitesse de la lumière dans le vide ($c \approx 2,997\,92 \times 10^8$ m/s);

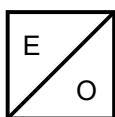
f est la fréquence optique.

Note 2 à l'article: Même si la longueur d'onde dans un matériau diélectrique tel que des fibres est plus courte que dans le vide, seule la longueur d'onde de la lumière dans le vide est utilisée.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.2.9, modifié – Les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées.]

3.2 Symboles graphiques

Les symboles graphiques suivants sont utilisés dans les figures du présent document. Ces symboles sont soit énumérés dans l'IEC 60617 soit inspirés de symboles définis dans l'IEC 60617.



Émetteur optique
d'après
l'IEC 60617-S00213:2001-07



Récepteur optique
d'après
l'IEC 60617-S00213:2001-07



Amplificateur optique
d'après
l'IEC 60617-S00127:2001-07 et
l'IEC 60617-S01239:2001-07



Fibre optique
IEC 60617-S01318:2001-07

	Isolateur IEC 60617-S01175:2001-07		Coupleur d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S01188:2001-07
	Coupleur directif d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S01193:2001-07		Ligne à retard d'après l'IEC 60617-S00608:2001-07
	Dispositif de commande de polarisation		Filtre passe-bas IEC 60617-S01248:2001-07, modifié
	Filtre passe-bande IEC 60617-S01249:2001-07		Affaiblisseur variable IEC 60617-S01245:2001-07
	Générateur d'impulsions IEC 60617-S01228:2001-07		Générateur d'ondes sinusoïdales d'après l'IEC 60617-S00899:2001-07 et l'IEC 60617-S01403:2001-09
	Générateur d'échantillons de bits		Voltmètre d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00913:2001-07
	Ampèremètre d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00910:2001-07		Wattmètre d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00910:2001-07
	Oscilloscope d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00922:2001-07		Voltmètre sélectif d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00081:2001-07 et l'IEC 60617-S00913:2001-07 et l'IEC 60617-S01249:2001-07
	Analyseur de spectre électrique d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00910:2001-07		Analyseur de spectre optique d'après l'IEC 60617-S00059:2001-07 et l'IEC 60617-S00910:2001-07
	Bobine RF IEC 60617-S00583:2001-07		Résistance IEC 60617-S00555:2001-07
	Condensateur IEC 60617-S00567:2001-07		Alimentation en courant continu IEC 60617-S00206:2001-07
	Amplificateur IEC 60617-S01239:2001-07, modifié		Photodiode avec fibre amorce IEC 60617-S01327:2001-07
	Masse IEC 60617-S01410:2001-11		Terminateur optique d'après l'IEC 60617-S01389:1996-05 (obsolète) et l'IEC 60617-S01318:2001-07
	Extracteur de modes de gaine IEC 60617-S01333:2001-07		

3.3 Abréviations

CAG	commande automatique de gain
ALC (Automatic Level Control)	commande automatique de niveau
ASE (Amplified Spontaneous Emission)	émission spontanée amplifiée
BW (Bandwidth)	largeur de bande
CATV (Community Antenna Television (network))	(réseau de) télévision sur antenne communautaire
CINR (Composite Intermodulation Noise Ratio)	rapport de bruit d'intermodulation composite
CW (Continuous Wave)	onde entretenue
CC	courant continu
CEM	compatibilité électromagnétique
E/O	émetteur optique (convertisseur électrique-optique)
EUT (Equipment Under Test)	matériel en essai
GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)	réseau optique passif Gigabit Ethernet
GPON (Gigabit Passive Optical Network)	réseau optique passif Gigabit
FI	fréquence intermédiaire
IP (International (ingress) Protection)	indice de protection international
MTBF (Mean Time Between Failure)	durée moyenne de bon fonctionnement
OA (Optical Amplifier)	amplificateur optique
O/E	récepteur optique (convertisseur optique-électrique)
OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)	multiplexage par répartition orthogonale en fréquence
OMI (Optical Modulation Index)	indice de modulation optique total
ORL (Optical Return Loss)	affaiblissement de réflexion
PMD (Polarization Mode Dispersion)	dispersion du mode de polarisation
QAM (Quadrature Amplitude Modulation)	modulation d'amplitude en quadrature
RF	radiofréquence
RIN (Relative Intensity Noise)	bruit d'intensité relatif
RSBW (Resolution Bandwidth)	largeur de bande de résolution
RX	récepteur (optique)
SBS (Stimulated Brillouin Scattering)	diffusion de Brillouin stimulée
SCR (Signal-to-Crosstalk Ratio)	écart diaphonique
SIR (Signal-to-Intermodulation product Ratio)	rapport signal/produit d'intermodulation
SNR (Signal-to-Noise Ratio)	rapport signal/bruit RF
SPM (Self-Phase Modulation)	automodulation de phase
SRS (Stimulated Raman Scattering)	diffusion de Raman stimulée
SSG (Small-Signal Gain)	gains en petits signaux
TX	émetteur (optique)
MRL	multiplexage par répartition en longueur d'onde
XPM (Cross-Phase Modulation)	transmodulation de phase

4 Méthodes de mesurage

4.1 Exigences de mesurage

4.1.1 Généralités

Pour toutes les méthodes de mesurage décrites à l'Article 4, les exigences suivantes doivent être prises en compte.

4.1.2 Spécification d'entrée

Les conditions suivantes doivent être obtenues dans la spécification du dispositif:

- tension(s) d'alimentation;
- signal ou signaux de commande, le cas échéant, avec une impédance, un niveau et une fréquence corrects.

4.1.3 Conditions de mesurage

Sauf spécification contraire, tous les mesurages doivent être réalisés dans les conditions suivantes:

- la température ambiante ou de point de référence doit être de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$;
- l'humidité ambiante doit être comprise entre 40 % et 70 %;
- la réflexion optique ne doit pas altérer l'exactitude de la mesure;
- pendant le mesurage, tout signal d'entrée de commande doit être maintenu constant;
- les extrémités des fibres d'essai doivent être propres et sans rayures afin d'éviter les pertes de puissance et les réflexions.

4.2 Puissance optique

Pour mesurer la puissance optique moyenne totale émise par l'extrémité d'une fibre d'essai, la méthode décrite dans l'IEC 61280-1-1 doit être utilisée. La fibre d'essai et les moyens de couplage doivent être conformes aux spécifications du fabricant. La puissance optique doit être exprimée en dB(mW).

4.3 Pertes, isolement, facteur de découplage et rapport de couplage

4.3.1 Généralités

Le mesurage des paramètres suivants est fondé sur le mesurage de la puissance optique et, par conséquent, aucune méthode de mesurage particulière n'est donnée pour ces éléments:

- pertes des fibres, connecteurs et isolateurs optiques;
- isolement des isolateurs optiques.

NOTE Les méthodes de mesurage de l'affaiblissement des installations à fibres optiques sont décrites dans l'IEC 61280-4-2. Une méthode de mesurage du gain des amplificateurs optiques est décrite dans l'IEC 61290-1-3.

4.3.2 Exigences de mesurage

Le matériel en essai doit être soumis à l'essai avec une source de lumière adaptée à la plage de longueurs d'onde spécifiée.

Toutes les entrées ou sorties optiques qui n'interviennent pas pendant le mesurage doivent être fermées pour s'assurer qu'aucune lumière réfléchie ne peut altérer l'exactitude de la mesure.

4.3.3 Procédure de mesure

Pour le mesurage, procéder comme suit.

- Connecter la source de lumière au wattmètre et mesurer la puissance de sortie optique P_1 de la source de lumière (voir le 4.2).
- Connecter le dispositif en essai à la source de lumière et au wattmètre optique, comme cela est représenté à la Figure 2, et mesurer la puissance P_2 .

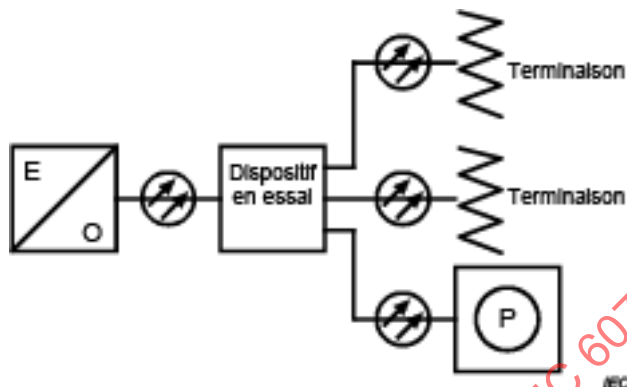


Figure 2 – Mesurage des pertes optiques, du facteur de découplage, de l'isolement et du rapport de couplage

- Les pertes, l'isolement, le facteur de découplage ou le rapport de couplage, exprimés en dB, sont calculés à l'aide de l'Équation (6):

$$a = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \quad (6)$$

où

- a représente les pertes, l'isolement, le facteur de découplage ou le rapport de couplage, en dB;
- P_1 est la puissance de sortie optique de la source de lumière, en dB(mW), mesurée sans le dispositif en essai;
- P_2 est la puissance de sortie optique en saturation, comme cela est représenté à la Figure 2, en dB(mW).

4.4 Affaiblissement de réflexion

En général, l'affaiblissement de réflexion est le rapport entre la puissance optique incidente P_{in} et la puissance optique réfléchie P_{back} , exprimé en dB. Tout mesurage de l'affaiblissement de réflexion du matériel optique doit être réalisé conformément aux spécifications de l'IEC 61300-3-6. Pour les amplificateurs à fibres optiques, le terme "réflectance" est utilisé, ce qui correspond à l'inverse de l'affaiblissement de réflexion (voir l'IEC 61291-1). Les méthodes de mesurage de la réflectance des amplificateurs à fibres optiques sont spécifiées dans la série IEC 61290-5.

4.5 Puissance de sortie en saturation d'un amplificateur optique

4.5.1 Objet

L'objet de cette méthode d'essai est de mesurer la puissance de sortie optique moyenne d'une fibre d'essai dont l'extrémité distante est raccordée à l'accès de sortie optique d'un amplificateur optique saturé. La puissance de sortie en saturation doit être exprimée en dB(mW).

4.5.2 Procédure de mesurage

Le gain G de l'amplificateur optique doit être mesuré en fonction de la puissance d'entrée optique conformément à l'IEC 61290-1-3. Représenter graphiquement le gain en fonction de la puissance d'entrée optique pour obtenir la courbe représentée à la Figure 3. À de faibles niveaux d'entrée, le gain en petits signaux est constant. À des niveaux d'entrée plus élevés, le gain diminue. La puissance de sortie en saturation est atteinte lorsque le gain accuse un retard de N dB (si aucune autre valeur n'est indiquée, il convient que N soit égal à 3) par rapport au gain en petits signaux et peut être calculé à l'aide de l'Équation (7):

$$P_{\text{out,Sat}} = G_{\text{Sat}} + P_{\text{in,Sat}} \quad (7)$$

où

$P_{\text{out,Sat}}$ est la puissance de sortie optique en saturation, en dB(mW);

G_{Sat} est le gain de l'amplificateur optique en saturation, en dB;

$P_{\text{in,Sat}}$ est la puissance d'entrée optique, en dB(mW).

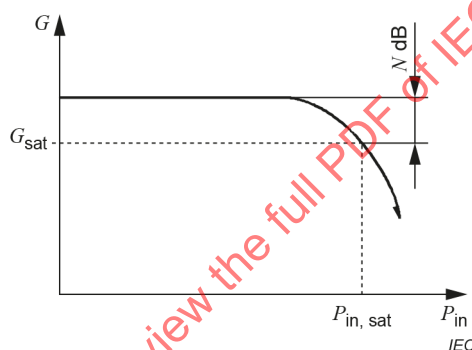


Figure 3 – Puissance de sortie en saturation d'un amplificateur optique

4.6 Longueur d'onde centroïdale et largeur spectrale sous modulation

Pour mesurer la longueur d'onde centroïdale λ_0 du spectre et la largeur spectrale $\Delta\lambda$ d'un émetteur sous modulation, les méthodes décrites dans l'IEC 61280-1-3 doivent être utilisées. La longueur d'onde centroïdale et la largeur spectrale doivent être exprimées en nanomètres. La méthode de mesurage de la largeur spectrale n'est pas adaptée aux sources de lumière et aux émetteurs dont la largeur spectrale est très étroite (laser unimodal) ni au mesurage de la fluctuation de longueur d'onde des émetteurs (voir le 4.7).

4.7 Largeur de raie et fluctuation de longueur d'onde des émetteurs avec lasers unimodaux

4.7.1 Objet

L'objet de cette méthode d'essai est de mesurer la largeur de raie et la modulation de fréquence, ou fluctuation de longueur d'onde, d'un émetteur avec un laser unimodal. La largeur de raie doit être exprimée en MHz. La fluctuation de longueur d'onde doit être exprimée en MHz/mA.

4.7.2 Matériel exigé

- Un générateur de signaux RF qui peut être activé et désactivé avec un cycle de service de 50 % de sorte que l'émetteur fonctionne sans modulation sur une durée τ , puis avec modulation sur une durée identique. L'amplitude et la forme d'onde du signal généré doivent être adaptées à l'émetteur à soumettre à l'essai. La fréquence du signal doit être inférieure à la largeur de raie de l'émetteur à soumettre à l'essai.

- b) Un interféromètre de Mach-Zehnder à fibres optiques avec une ligne à retard qui produit une différence de retard τ entre les 2 bras et avec un contrôleur de polarisation dans l'un des bras.
- c) Un récepteur optique avec une largeur de bande de 1 dB supérieure à l'écart de fréquence attendu du signal de sortie optique de l'émetteur à soumettre à l'essai.
- d) Un analyseur de spectre électrique dont la largeur de bande est supérieure à l'écart de fréquence attendu du signal optique de sortie de l'émetteur à soumettre à l'essai.
- e) Des longueurs de fibre pour le raccordement du matériel optique.
- f) Un isolateur optique, s'il n'est pas intégré à l'émetteur, pour empêcher la lumière réfléchie de perturber la forme de raie de l'émetteur.
- g) Un voltmètre RF avec la même impédance d'entrée que l'émetteur optique à mesurer.

4.7.3 Exigences générales de mesure

Le temps de retard τ (identique au temps de déclenchement τ du générateur de signaux) doit être égal à au moins trois le temps de cohérence de l'émetteur pour s'assurer que les signaux combinés des deux bras de l'interféromètre ne sont pas corrélés. Pour les lasers à résonateur distribué, une valeur type est comprise entre $\tau = 20 \mu\text{s}$ et $\tau = 50 \mu\text{s}$.

4.7.4 Procédure de mesure

- a) Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 4.

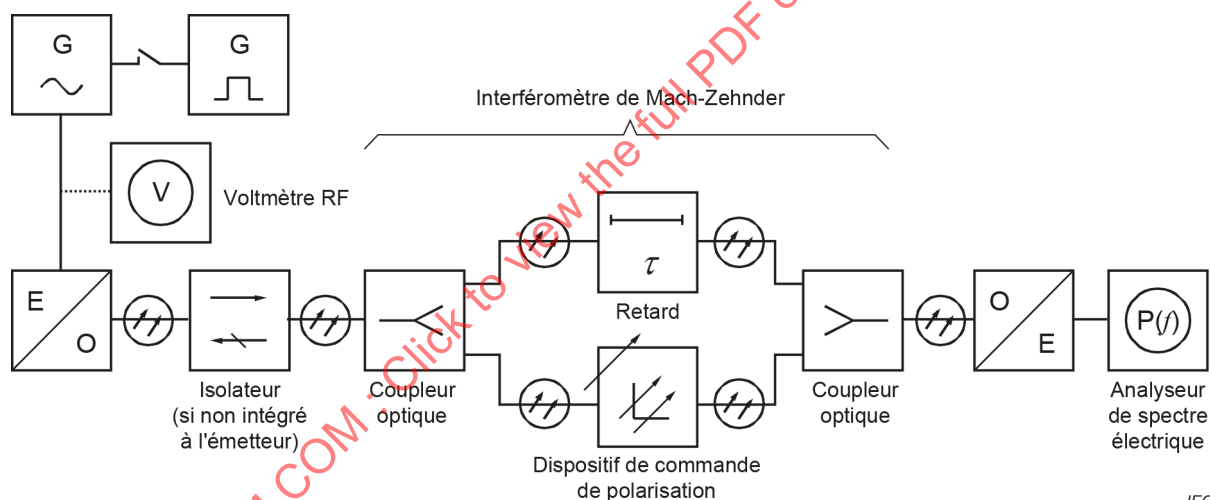


Figure 4 – Mesure de la fluctuation de longueur d'onde et de la largeur de raie des émetteurs

- b) Pour mesurer la largeur de raie, éteindre le générateur d'impulsions.
- c) Pour mesurer la fluctuation de longueur d'onde, le générateur d'ondes sinusoïdales doit être activé et désactivé comme cela est décrit au 4.7.2. Pour régler le niveau de sortie du générateur d'ondes sinusoïdales, le mettre en mode continu. Connecter le voltmètre RF à la sortie du générateur d'ondes sinusoïdales et choisir un niveau de sortie qui donne un indice de modulation optique de l'émetteur compris dans la plage $m = 0,5$ à $m = 0,7$. Noter la valeur U lue par le voltmètre RF. Reconnecter le générateur d'ondes sinusoïdales à l'émetteur optique et activer le signal de déclenchement du générateur d'impulsions.
- d) Régler le contrôleur de polarisation pour augmenter le plus possible l'amplitude affichée par l'analyseur de spectre.
- e) Localiser l'affaiblissement de -3 dB de la puissance électrique à partir de la fréquence la plus basse du spectre donné par l'analyseur de spectre. Si l'affaiblissement de -3 dB dépasse la plage de l'analyseur de spectre, un indice de modulation optique plus faible peut être utilisé. Le fonctionnement du laser doit être stable.

- f) Si le générateur de signaux est éteint, la fréquence lue à cet instant représente la largeur de raie de l'émetteur. Si l'inverse de cette largeur de raie n'est pas inférieur au temps de retard τ , le mesurage doit être répété avec un temps de retard plus important.
- g) Lorsque le signal du générateur d'ondes sinusoïdales est activé, le spectre est élargi. La variation de la fréquence Δf lue au point -3 dB est la fluctuation de longueur d'onde totale en MHz.
- h) La fluctuation de longueur d'onde est calculée à l'aide de l'Équation (8):

$$f_c = \Delta f \frac{Z}{U} \quad (8)$$

où

f_c est la fluctuation, en MHz/A;

Δf est la variation de la fréquence lue (fluctuation de longueur d'onde totale), en MHz;

Z est l'impédance d'entrée de l'émetteur optique, en V/A;

U est le niveau de sortie du générateur de signaux, en V.

4.7.5 Sources d'erreurs possibles

- Cette technique de mesurage de la largeur de raie est strictement correcte seulement pour les émetteurs avec une forme de raie lorentzienne.
- Des spectres asymétriques donnent des résultats erronés.
- En outre, les caractéristiques suivantes du matériel peuvent altérer l'exactitude de la mesure:
 - l'inexactitude de l'analyseur de spectre;
 - l'instabilité de l'émetteur.

4.8 Indice de modulation optique

4.8.1 Objet

L'objet de cette méthode d'essai est de mesurer l'indice de modulation individuel de la puissance optique (indice de modulation par canal) d'un émetteur dans les conditions spécifiées. Cette méthode ne convient pas pour mesurer l'indice de modulation total d'un émetteur modulé par un signal multicanal.

4.8.2 Matériel exigé

- a) Un voltmètre sélectif ou un analyseur de spectre avec une impédance d'entrée définie.
- b) Une photodiode PIN avec une largeur de bande de 1 dB significativement supérieure à celle de l'émetteur à soumettre à l'essai.
- c) Une alimentation en courant continu qui fournit une tension inférieure à la tension de claquage de la diode PIN.
- d) Un appareil de mesure de courant continu.
- e) Une bobine RF adaptée aux fréquences auxquelles doivent être effectués les essais.
- f) Une résistance de terminaison (50 Ω or 75 Ω), adaptée aux fréquences auxquelles doivent être effectués les essais, à utiliser lorsque le voltmètre sélectif ou l'analyseur de spectre présente une impédance d'entrée élevée.
- g) Un condensateur à faible perte avec une impédance significativement inférieure à celle du voltmètre sélectif (analyseur de spectre) aux fréquences auxquelles doivent être effectués les essais.
- h) Une longueur de fibre pour raccorder l'émetteur à la diode PIN.

NOTE Un récepteur étalonné peut être utilisé en lieu et place de la diode PIN, de la bobine d'inductance RF, de la résistance et du condensateur si le courant continu du détecteur peut être mesuré.

4.8.3 Procédure de mesure

- Régler la ou les tensions d'alimentation et tout signal d'entrée de commande sur la ou les valeurs spécifiées.
- Appliquer le signal d'entrée spécifié. Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 5.

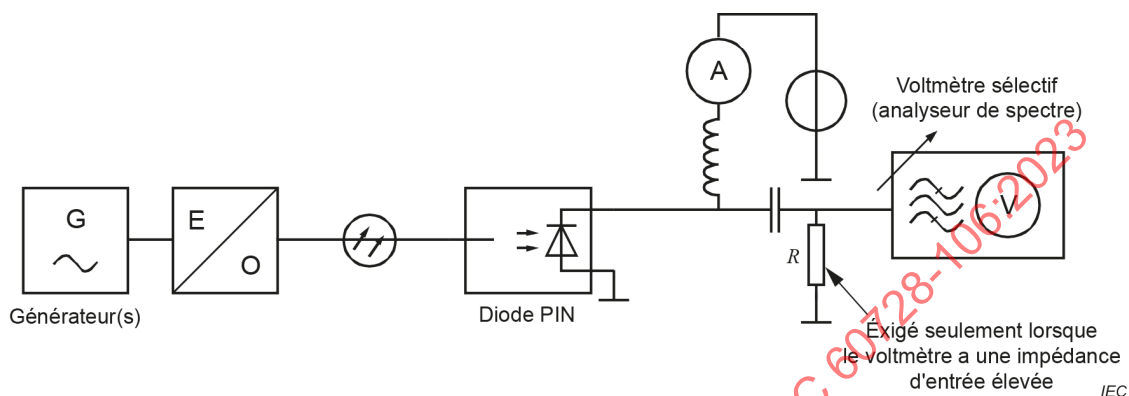


Figure 5 – Mesurage de l'indice de modulation optique

- Accorder le voltmètre sélectif (analyseur de spectre) sur la fréquence du canal à laquelle l'indice de modulation optique individuel doit être mesuré.
- Enregistrer les valeurs lues par l'appareil de mesure de courant continu et le voltmètre sélectif (analyseur de spectre). L'indice de modulation optique est calculé à l'aide de l'Équation (9):

$$m = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{R \cdot I} \quad (9)$$

où

I est la valeur lue par l'appareil de mesure de courant continu;

U est la valeur lue par le voltmètre sélectif (analyseur de spectre);

R est la valeur de la résistance ou l'impédance d'entrée du voltmètre sélectif ou de l'analyseur de spectre.

NOTE U peut également être déterminée par le niveau de signal S , en dB(μV), mesuré conformément à l'IEC 60728-101 et calculé comme suit: $U = 10^{\frac{S}{20}} \cdot \mu V$

4.8.4 Sources d'erreurs possibles

Les caractéristiques suivantes du matériel peuvent altérer l'exactitude de la mesure. Une méthode plus exacte est donnée au 4.15.

- L'inexactitude de l'appareil de mesure de courant continu.
- L'inexactitude du voltmètre sélectif (analyseur de spectre).
- La réponse en fréquence de la diode PIN.
- Les différences entre la sensibilité statique et la sensibilité dynamique de la diode PIN. Dans ce cas, un facteur de correction doit être utilisé pour calculer l'indice de modulation.

4.9 Niveau de sortie de référence d'un récepteur optique

4.9.1 Objet

L'objet de cette méthode d'essai est de mesurer le niveau de sortie de référence du récepteur optique pour les conditions spécifiées de $m = 5 \%$ et $P_{\text{opt,RX}} = 0 \text{ dB(mW)}$ de puissance d'entrée optique. Le niveau de sortie de référence doit être exprimé en $\text{dB}(\mu\text{V})$.

4.9.2 Matériel exigé

- Un générateur RF adapté.
- Un émetteur dont le rendement différentiel connu et la puissance de sortie optique sont compatibles avec la plage de puissances d'entrée optiques du récepteur en essai.
- Une longueur de fibre pour raccorder l'émetteur au récepteur.
- Un extracteur de modes de gaine si la fibre ne comporte pas de revêtement extracteur de modes de gaine.
- Un voltmètre RF.

4.9.3 Exigences générales de mesure

- Toute la puissance de sortie optique doit être couplée au récepteur.
- La commande automatique de gain (CAG) du récepteur doit être désactivée (le cas échéant). Le gain doit être réglé sur la valeur maximale.

4.9.4 Procédure de mesure

- Régler la ou les tensions d'alimentation et tout signal d'entrée de commande sur la ou les valeurs spécifiées.
- Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 6.

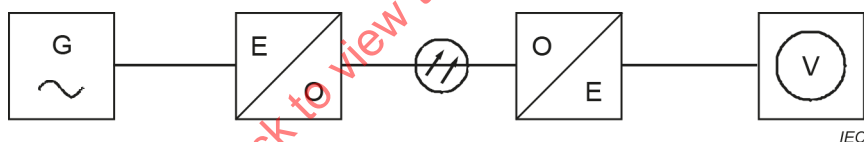


Figure 6 – Mesure du niveau de sortie de référence d'un récepteur optique

- Régler l'amplitude du générateur pour obtenir l'indice de modulation optique exigé.
- Mesurer la tension RF aux fréquences d'intérêt.
- Le niveau de sortie de référence est calculé à l'aide de l'Équation (10):

$$x = U - 2 \cdot P_{\text{opt,RX}} - 20 \cdot \lg \frac{m}{0,05} \quad (10)$$

où

- x est le niveau de sortie de référence, en $\text{dB}(\mu\text{V})$;
 U est la grandeur électrique de sortie, en $\text{dB}(\mu\text{V})$;
 $P_{\text{opt,RX}}$ est la grandeur optique d'entrée, en dB(mW) ;
 m est l'indice de modulation optique utilisé pour le mesurage.

4.9.5 Sources d'erreurs possibles

- l'inexactitude du voltmètre;
- l'affaiblissement de la fibre et des connecteurs optiques;
- l'inexactitude du niveau de sortie du générateur;
- l'incertitude de la caractéristique de l'émetteur;
- la saturation du récepteur optique lorsque la fonction CAG est désactivée.

4.10 Pente et planéité

4.10.1 Objet

L'objet de cette méthode d'essai est de mesurer la pente et la planéité des émetteurs et récepteurs optiques dans une plage de fréquences donnée, dans les conditions spécifiées. La pente et la planéité doivent être exprimées en dB.

NOTE La plage de fréquences est généralement inférieure à la largeur de bande de 3 dB. La largeur de bande de 3 dB est la différence entre la fréquence inférieure et la fréquence supérieure, où l'amplitude par rapport à la fréquence de réponse chute à -3 dB de la valeur de crête.

4.10.2 Matériel exigé

- Un générateur de signaux dont la plage de fréquences est supérieure à la plage attendue du dispositif à soumettre à l'essai.
- Un voltmètre sélectif (analyseur de spectre) pour l'amplitude par rapport à la réponse en fréquence.
- Si le dispositif à soumettre à l'essai est un émetteur, un récepteur optique avec une réponse en fréquence connue (récepteur étalonné) est nécessaire. Si le dispositif à soumettre à l'essai est un récepteur, un émetteur optique avec une réponse en fréquence connue (émetteur étalonné) est nécessaire.
- Une longueur de fibre pour raccorder l'émetteur et le récepteur.

NOTE Un analyseur de réseau peut être utilisé en lieu et place du générateur de signaux et du voltmètre sélectif. Un analyseur de spectre avec générateur de poursuite peut également être utilisé. Un générateur à balayage avec un détecteur à diode à large bande peut être utilisé si tous les mesurages sont effectués au même niveau de signal détecté en réajustant le niveau du générateur pour maintenir cette condition.

4.10.3 Procédure de mesure

Pour le mesurage, procéder comme suit.

- Régler la ou les tensions d'alimentation et tout signal d'entrée de commande sur la ou les valeurs spécifiées.
- Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 7.

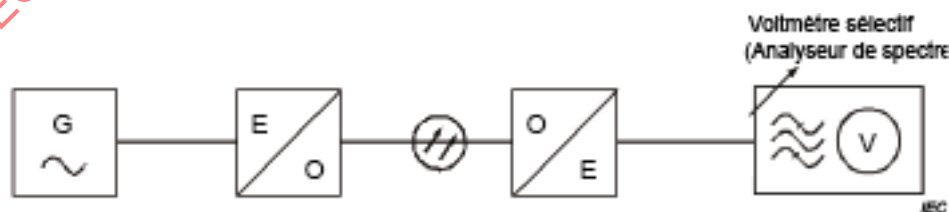


Figure 7 – Mesurage de la pente et de la planéité

- c) Mesurer la tension de sortie du signal à un nombre de fréquences suffisant pour couvrir la plage de fréquences spécifiée. Le nombre de fréquences est considéré comme suffisant lorsque les différences de tension des amplitudes de fréquences voisines sont inférieures à 0,1 dB. Les valeurs lues doivent être corrigées selon la réponse en fréquence connue du dispositif étalonné correspondant. Si le dispositif à soumettre à l'essai est un récepteur, la puissance d'entrée optique utilisée pendant le mesurage doit être indiquée, car les résultats peuvent varier avec la puissance d'entrée.
- d) Si le dispositif en essai présente par hypothèse une pente, tracer une ligne droite qui passe par les points mesurés selon la méthode des moindres carrés. Déterminer les amplitudes A_1 et A_2 aux intersections entre cette ligne et les limites f_l et f_u de la plage de fréquences (voir la Figure 8). La différence $A_1 - A_2$ doit être indiquée comme la pente du dispositif.

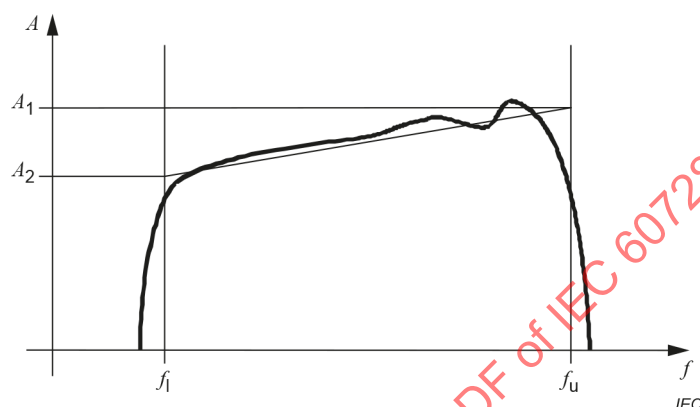


Figure 8 – Évaluation de la pente

- e) Si le dispositif en essai présente par hypothèse une pente, les amplitudes doivent être corrigées par la valeur de pente aux différentes fréquences.
- f) Noter la valeur de crête $A_{\max}$ et la valeur minimale $A_{\min}$ de la réponse en fréquence obtenue dans la plage de fréquences (voir la Figure 9). La planéité est la différence entre $A_{\max}$ et $A_{\min}$.

NOTE $A_{\max}$ et $A_{\min}$ peuvent être les amplitudes aux limites de la plage de fréquences.

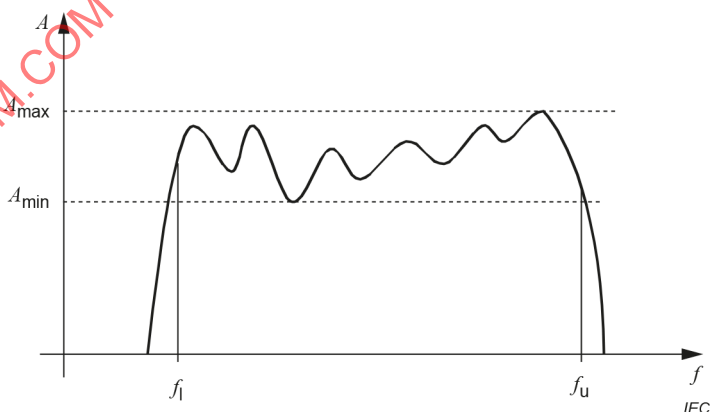


Figure 9 – Évaluation de la planéité

4.10.4 Sources d'erreurs possibles

- l'inexactitude de la fréquence et de l'amplitude du générateur d'essai;
- l'inexactitude du voltmètre (analyseur de spectre);
- l'inexactitude du récepteur (de l'émetteur) étalonné;
- l'inexactitude de l'appareil de mesure mentionnée dans la note du 4.10.2.

4.11 Non-linéarité de l'émetteur

4.11.1 Objet

L'objet de cette méthode d'essai est de mesurer la non-linéarité des émetteurs optiques modulés par plusieurs porteuses.

4.11.2 Matériel exigé

- Tout le matériel exigé pour mesurer la "non-linéarité pour une charge qui ne comporte que des porteuses en modulation numérique", comme cela est décrit dans l'IEC 60728-3:2017, 4.3.6.
- Un récepteur optique dont la distorsion non linéaire, comme cela est recommandé au 6.2.2, est meilleure que la distorsion non linéaire attendue de l'émetteur à soumettre à l'essai. Pour le mesurage de la distorsion non linéaire, voir le 4.12.
- Une longueur de fibre pour raccorder l'émetteur au récepteur.
- Si la puissance de sortie optique de l'émetteur est supérieure à la puissance d'entrée spécifiée du récepteur, un affaiblisseur optique doit être utilisé pour réduire la puissance.

4.11.3 Procédure de mesurage

- Régler la ou les tensions d'alimentation et tout signal d'entrée de commande sur la ou les valeurs spécifiées.
- Connecter le matériel comme cela est décrit dans l'IEC 60728-3:2017, Figure 3 et remplacer le bloc EUT par le montage représenté à la Figure 10.

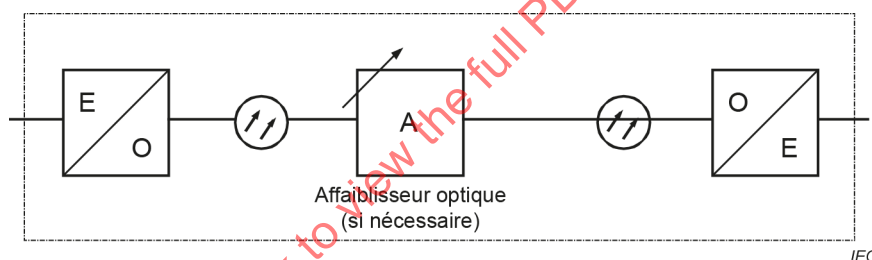


Figure 10 – Matériel en essai (EUT) pour le mesurage de la non-linéarité des émetteurs optiques

- Le dispositif en essai représenté à la Figure 10 fournit une entrée électrique et une sortie électrique. Il peut donc être traité comme un amplificateur électrique. La procédure de mesurage de la non-linéarité (voir l'IEC 60728-3) peut être utilisée pour ce montage. Les résultats de la procédure correspondent à un niveau de fonctionnement maximal à l'aide du mesurage du taux d'erreur binaire et d'une courbe CINR (rapport de bruit d'intermodulation composite). La non-linéarité de l'émetteur doit être donnée à la fois comme le niveau d'entrée de fonctionnement maximal et comme la courbe du CINR en fonction du niveau d'entrée de l'émetteur.

La méthode décrite dans l'IEC 60728-3 définit un niveau de fonctionnement maximal et une courbe CINR pour caractériser la non-linéarité. Ce niveau et la courbe CINR se rapportent au niveau de sortie pour les amplificateurs à voie directe et au niveau d'entrée pour les amplificateurs à voie de retour. Pour la non-linéarité des émetteurs, les résultats doivent généralement se référer au niveau d'entrée.

- Pour s'assurer que la distorsion du récepteur peut être négligée, un second mesurage doit être réalisé avec un affaiblissement différent entre l'émetteur optique et le récepteur optique. Si le résultat varie, cela indique que la distorsion du récepteur est trop élevée.

4.11.4 Sources d'erreurs possibles

- La courbe mesurée est la distorsion non linéaire de l'ensemble du système optique. L'influence du récepteur optique peut être négligée seulement si sa distorsion non linéaire est significativement inférieure à celle de l'émetteur, mais il n'existe pas de moyen direct de mesurer la distorsion non linéaire d'un récepteur optique. Elle peut uniquement être estimée à partir des résultats d'un mesurage d'intermodulation. Cette estimation n'est pas très exacte, car les lois d'ajout des battements dépendent de la fréquence et ne sont pas bien connues.
- L'émetteur peut être équipé d'une commande automatique de gain (CAG) qui induit une relation complexe entre le niveau d'entrée RF et l'indice de modulation optique. Pour faciliter l'interprétation des mesures, désactiver la fonction CAG afin d'obtenir une relation simple et définie entre le niveau d'entrée et l'indice de modulation optique.

NOTE La courbe mesurée représente les caractéristiques du bruit thermique de l'ensemble du système optique à de faibles niveaux d'entrée RF. Cependant, l'influence du récepteur optique ne peut pas être négligée dans cette procédure de mesurage pour les faibles niveaux d'entrée RF, même en cas de puissance d'entrée optique élevée du récepteur. Par conséquent, la courbe mesurée ne caractérise pas le bruit de l'émetteur.

4.12 Intermodulation du récepteur

4.12.1 Objet

Cette méthode s'applique au mesurage de la porteuse aux produits d'intermodulation de deuxième et troisième rang et aux trois battements produits dans les récepteurs optiques à haute linéarité. La méthode décrite ne s'applique pas aux récepteurs cohérents. L'intermodulation doit être exprimée en dB.

4.12.2 Matériel exigé

- a) Deux générateurs de signaux pour l'intermodulation de deuxième et troisième rang et trois générateurs de signaux pour les trois battements qui couvrent les fréquences auxquelles doivent être effectués les essais.
- b) Deux émetteurs avec une puissance de sortie optique similaire, mais avec des longueurs d'onde légèrement différentes. La différence des fréquences de la lumière émise doit être supérieure à la largeur de bande du récepteur à soumettre à l'essai.
- c) Un coupleur optique avec des pertes similaires dans les deux voies.
- d) Deux affaiblisseurs optiques variables avec une plage suffisante pour couvrir la plage de la puissance d'entrée optique du récepteur à soumettre à l'essai.
- e) Un affaiblisseur électrique variable dont la plage est supérieure au rapport signal/intermodulation attendu.
- f) Un voltmètre sélectif (analyseur de spectre) qui couvre la plage de fréquences du récepteur à soumettre à l'essai.
- g) Des longueurs de fibre pour raccorder les émetteurs au coupleur et le coupleur au récepteur.

4.12.3 Exigences générales de mesurage

- a) Sauf exigence contraire, les niveaux de référence utilisés pour les mesurages doivent être les niveaux de fonctionnement normaux spécifiés pour le récepteur. Si les niveaux spécifiés ne sont pas constants sur la plage de fréquences, alors les niveaux de tous les signaux d'essai doivent être indiqués dans les résultats.
- b) Lorsque le récepteur à mesurer inclut une commande automatique de niveau (ALC), des signaux pilotes de type, de fréquence et de niveau corrects doivent être maintenus pendant toute la durée des essais.

4.12.4 Procédure de mesure

Pour le mesure, procéder comme suit.

- Régler la ou les tensions d'alimentation et tout signal d'entrée de commande sur la ou les valeurs spécifiées.
- Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 11.

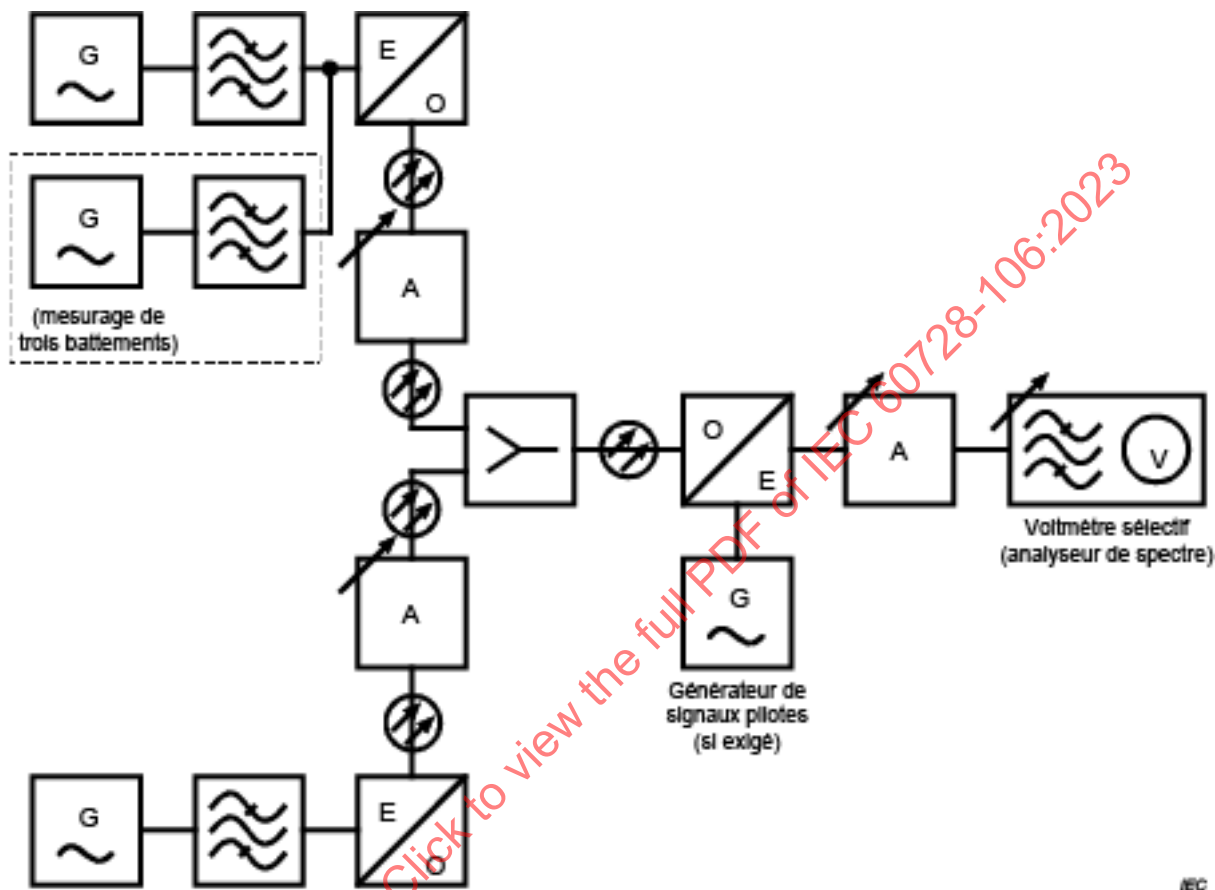


Figure 11 – Montage du matériel d'essai pour mesurer l'intermodulation du récepteur

- Réaliser des mesurages avec les signaux d'essai largement et étroitement espacés sur chaque bande d'intérêt à des fréquences capables de donner des produits significatifs dans l'ensemble de la plage de fréquences.
- Réaliser des mesurages sur toute la plage spécifiée pour la puissance d'entrée optique du récepteur.
- Régler les affaiblisseurs optiques pour obtenir le même niveau optique à la sortie du coupleur optique pour les deux émetteurs.
- Il convient de procéder à une vérification afin de déterminer si les harmoniques et autres signaux parasites aux sorties des générateurs de signaux sont susceptibles de fausser les mesures.
- Régler les générateurs de signaux sur les fréquences des signaux d'essai et ajuster leurs sorties pour obtenir un indice de modulation de $m = 0,4$ par porteuse pour les deux émetteurs. Lorsque trois générateurs sont utilisés pour le mesurage des trois battements, un indice de modulation de $m = 0,3$ par porteuse doit être utilisé.
- Connecter l'affaiblisseur variable et le voltmètre sélectif (analyseur de spectre) au point de mesure. Accorder l'appareil de mesure sur chaque signal d'essai et noter la valeur a_1 de l'affaiblisseur exigée afin d'obtenir une lecture R appropriée sur l'appareil de mesure pour le signal de référence. Il convient que la valeur a_1 de l'affaiblisseur soit légèrement supérieure au rapport signal/produit d'intermodulation attendu au point de mesure.