

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 113: Systèmes optiques pour la transmission de signaux de radiodiffusion
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 113: Optical systems for broadcast signal transmissions loaded with digital
channels only**

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 113: Systèmes optiques pour la transmission de signaux de radiodiffusion
soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.060.40

ISBN 978-2-8322-7054-7

**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.....	8
INTRODUCTION.....	10
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviated terms.....	12
3.1 Terms and definitions.....	12
3.2 Graphical symbols	19
3.3 Abbreviated terms.....	20
4 Optical system reference model.....	21
4.1 Overview.....	21
4.2 Over-all FTTH system reference model	21
4.3 Reference models for the optical systems for broadcast signal transmissions	24
4.3.1 Optical wavelength for FTTH system	24
4.3.2 Reference models.....	24
4.4 Specified performance points of the optical system	25
5 Preparation of measurement.....	25
5.1 Environmental conditions	25
5.1.1 Standard measurement conditions	25
5.1.2 Temperature and humidity	26
5.1.3 Setting up the measuring setup and system under test	26
5.1.4 AGC/ALC operation	26
5.1.5 Impedance matching between pieces of equipment	26
5.1.6 Standard operating condition.....	26
5.1.7 Standard signal and measuring equipment	26
5.2 Accuracy of measuring equipment	27
5.3 Source power.....	27
6 Methods of measurement.....	27
6.1 Measuring points and items	27
6.1.1 General	27
6.1.2 Measuring points	28
6.1.3 Measured parameters.....	28
6.2 General measurement requirement.....	29
6.2.1 General	29
6.2.2 Input specification.....	29
6.2.3 Standard measurement conditions	29
6.2.4 Precautions for measurements	30
6.3 Optical power.....	30
6.3.1 General	30
6.3.2 Measuring setup	30
6.3.3 Measuring method	31
6.3.4 Precautions for measurement	31
6.3.5 Presentation of the results	31
6.4 Optical wavelength.....	32
6.4.1 Introduction	32
6.4.2 Method of measurement	32
6.4.3 Presentation of the results	32

6.5	SINR (signal-to-intermodulation and noise ratio) below 1GHz	32
6.5.1	General	32
6.5.2	Measuring setup	33
6.5.3	Measuring conditions	33
6.5.4	Precautions for measurement	33
6.5.5	Presentation of the results	34
6.6	Relative intensity noise (RIN) of optical signal	34
6.6.1	General	34
6.6.2	Measuring setup	34
6.6.3	Measurement conditions	35
6.6.4	System RIN measuring method	35
6.6.5	SINR calculation based on RIN value	37
6.6.6	Component RIN calculation	37
6.6.7	Example for calculating of SINR	39
6.7	Optical modulation index	41
6.8	Signal-to-crosstalk ratio (SCR)	41
6.8.1	General	41
6.8.2	Equipment required	41
6.8.3	General measurement requirements	41
6.8.4	Procedure	41
6.8.5	Potential sources of error	42
6.8.6	Presentation of the results	42
6.9	RF signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) of satellite broadcast signals	42
6.9.1	General	42
6.9.2	Measuring setup	43
6.9.3	Equipment required	43
6.9.4	Measurement procedure	43
6.9.5	Presentation of the results	44
6.10	System BER (bit error ratio)	44
6.10.1	Overview	44
6.10.2	Connection of the equipment	44
6.10.3	Measurement procedure	45
6.10.4	Presentation of the results	45
6.11	SINR versus BER measurement	45
6.11.1	General	45
6.11.2	Connection of the equipment	45
6.11.3	Presentation of the results	46
6.12	System noise margins	47
6.12.1	General	47
6.12.2	Connection of the equipment	47
6.12.3	Measurement procedure	48
6.12.4	Presentation of the results	48
6.13	Modulation error ratio (MER)	49
6.13.1	General	49
6.13.2	Connection of the equipment	49
6.13.3	Measurement procedure	50
6.13.4	Presentation of the results	50
6.14	In-band frequency characteristics between optical transmitter and V-ONU	50

6.14.1	Overview	50
6.14.2	Measurement setup	50
6.14.3	Measuring method	51
6.14.4	Presentation of the results	51
7	Specification of the optical system for broadcast signal transmission.....	52
7.1	Digital broadcast system over optical network.....	52
7.2	RF signal levels at system outlet.....	52
7.3	RF signal-to-intermodulation and noise ratio and performance allocation	53
7.4	Relationship between RIN and SINR.....	58
7.4.1	Type of broadcast services	58
7.4.2	Types of broadcast services and relative signal level.....	59
7.4.3	RIN performance requirements	60
7.5	Optical wavelength.....	62
7.6	Frequency of source signal	63
7.7	Level difference between adjacent channels	63
7.8	BER at headend input	65
7.9	MER	65
7.10	SINR specification for in-house and in-building wirings	66
7.11	In-band frequency characteristics	68
7.12	Electrical signal interference	69
7.13	Crosstalk due to optical fibre non-linearity	71
7.14	Interference due to intermodulation noise caused by fibre non-linearity.....	72
7.15	Environmental conditions	72
Annex A	(informative) Actual service systems and design considerations	73
A.1	General.....	73
A.2	Multi-channel service system	73
A.2.1	General	73
A.2.2	Operating conditions.....	74
A.2.3	Operating environment	74
A.3	Re-transmission service system.....	75
A.3.1	General.....	75
A.3.2	Operating conditions.....	75
A.3.3	Operating environment	76
A.4	SINR calculation of optical network.....	76
A.5	System reference model	77
A.6	Hints for actual operation	81
A.6.1	Optimum operation	81
A.6.2	Key issues to be specified	81
Annex B	(informative) BER extrapolation method	82
Annex C	(informative) Optical system degradations	84
C.1	System degradation factors.....	84
C.2	Non-linear degradation	85
C.2.1	Degradation factors	85
C.2.2	Stimulated Brillouin scattering (SBS)	85
C.2.3	Stimulated Raman scattering (SRS).....	86
C.2.4	Self-phase modulation (SPM)	89
C.2.5	Cross-phase modulation (XPM)	89

Annex D (informative) Measurement of parameters (R , I_{d0} , I_{eq} and G) required for RIN calculation	90
D.1 Measurement of the responsivity (R)	90
D.2 Measurement of dark current (I_{d0})	90
D.3 Measurement of equivalent noise current density (I_{eq})	90
D.4 Measurement of gain (G)	91
Annex E (informative) Measurement of peak and average signal levels of digitally modulated signals	92
E.1 General	92
E.2 Peak and average power measurement using CCDF	92
E.3 Measurement method of CCDF	94
E.3.1 General	94
E.3.2 Measurement procedure	94
E.3.3 Estimation of BER from the CCDF measurement result	95
E.3.4 Examples of CCDF measurements	96
E.4 Performance evaluation of the FTTH system	97
E.4.1 General	97
E.4.2 Evaluation procedure	97
E.5 Potential sources of error	98
Annex F (informative) Clipping noise	99
Annex G (informative) Relation between SINR degradation and rain attenuation	100
G.1 Relation between SINR and G/T	100
G.2 SINR degradation of satellite receiving system due to rain attenuation	101
Bibliography	102
Figure 1 – Example of FTTH system for television and sound signal	23
Figure 2 – FTTH Cable TV system using one wavelength	25
Figure 3 – FTTH Cable TV system using two wavelengths	25
Figure 4 – Specified performance points of the optical system	25
Figure 5 – Typical optical video distribution system	28
Figure 6 – Test setup for optical power measurement using a wavelength filter	30
Figure 7 – Test setup for optical power measuring using a WDM coupler	31
Figure 8 – Measurement of optical wavelength without a WDM coupler	32
Figure 9 – Measurement of optical wavelength using a WDM coupler	32
Figure 10 – Test setup for RF signal to intermodulation and noise ratio measurement	33
Figure 11 – Test setup for RIN measurement	35
Figure 12 – Test setup for signal to crosstalk measurement	41
Figure 13 – Setup for the measurement of SINR for satellite broadcast signals	43
Figure 14 – Test setup for BER measurement	44
Figure 15 – Test setup for SINR versus BER measurement procedure	45
Figure 16 – Extrapolation method of BER measurement	46
Figure 17 – Example of SINR versus BER characteristics	47
Figure 18 – Test setup for system noise margin measurement	48
Figure 19 – Example of system noise margin characteristics	49
Figure 20 – Test setup for MER measurement	49

Figure 21 – Example of result of MER measurement (64-QAM modulation format).....	50
Figure 22 – Setup for the measurement of in-band frequency characteristics	51
Figure 23 – Measurement example of in-band frequency characteristics	51
Figure 24 – Performance specified points	52
Figure 25 – Permissible signal level of adjacent channels (ISDB-T, ISDB-C and ISDB-C2)	64
Figure 26 – Section SINR for SDU wiring (specified by electrical signal)	67
Figure 27 – Section SINR for MDU wiring (specified by electrical signal)	68
Figure 28 – Section SINR for MDU wiring (specified by optical signal)	68
Figure 29 – Signal level difference with 3rd order interference signal (ISDB-T)	69
Figure 30 – Signal level difference with 3rd order interference signal (ISDB-C 64QAM)	70
Figure 31 – Signal level difference with 3rd order interference signal (ISDB-C 256QAM)	70
Figure 32 – Level difference between signal and reflected (echo) signal (ISDB-T)	70
Figure 33 – Level difference between signal and reflected (echo) signal (ISDB-C 64QAM)	71
Figure 34 – Level difference between signal and reflected (echo) signal (ISDB-C 256QAM)	71
Figure A.1 – Example of a multi-channel service system of one million terminals	73
Figure A.2 – Example of a multi-channel service system of 2 000 terminals	74
Figure A.3 – Example of re-transmission service system of 72 terminals.....	75
Figure A.4 – Example of re-transmission service system of 144 terminals.....	75
Figure A.5 – Model 1 system performance calculation.....	79
Figure A.6 – Model 4 system performance calculation.....	80
Figure B.1 – Extrapolation method of BER measurement	82
Figure B.2 – BER characteristics for 256-QAM, 1 024-QAM and 4 096-QAM (extrapolation method)	83
Figure C.1 – Reflection model.....	84
Figure C.2 – Degradation factors of optical transmission system.....	85
Figure C.3 – SBS generation image	85
Figure C.4 – Interference between two wavelengths	87
Figure C.5 – Simulation of SRS (OLT transmission power versus D/U)	87
Figure C.6 – Simulation of SRS (D/U in arbitrary unit versus fibre length)	88
Figure C.7 – Fibre length of the first peak of SRS D/U versus frequency.....	88
Figure C.8 – GE-PON idle pattern spectrum (ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017 1 000 Base-PX) (62,5 MHz = 1 250 Mbps/20 bit).....	89
Figure D.1 – Measurement of gain (G)	91
Figure E.1 – Typical CCDF curves for OFDM and M-QAM signals.....	93
Figure E.2 – CCDF measurement setup	94
Figure E.3 – CCDF measurement example	95
Figure E.4 – SER vs SINR performance in an AWGN channel	96
Figure E.5 – Example of CCDF measurements	96
Figure E.6 – Performance evaluation of digital optical signals in the FTTH system.....	97
Figure E.7 – CCDF measurement bandwidth.....	97
Figure F.1 – Clipping effects in laser diode static curve (IL curve).....	99
Figure F.2 – Clipping noise, zero span, sweep time 100 μ s.....	99

Table 1 – Level of RF signals.....	16
Table 2 – Optical wavelength for FTTH system	24
Table 3 – Frequency range	24
Table 4 – Measuring equipment	27
Table 5 – Measuring points and measured parameters	29
Table 6 – Parameters used for the calculation of SINR	39
Table 7 – RF signal noise bandwidth	40
Table 8 – Digital signal levels at the system outlet	53
Table 9 – Minimum SINR (SDU case)	54
Table 10 – Minimum SINR (MDU case)	55
Table 11 – Minimum RF SINR requirements in operation	56
Table 12 – Types of broadcast services	58
Table 13 – Types of broadcast services and relative signal level	60
Table 14 – Minimum operational RIN values for digital broadcast services using the frequency band below 1 000 MHz	60
Table 15 – Type of service and minimum operational RIN values for satellite services	61
Table 16 – Performance of optical wavelength and power.....	62
Table 17 – Minimum MER Performance ^a for FTTH systems	66
Table 18– Section SINR for in-house/in-building wiring	67
Table 19 – In-band frequency characteristics specification.....	68
Table 20 – Limits for in-channel electrical signal interference	69
Table 21 – Interference level due to fibre non-linearity	72
Table 22 – Environmental conditions	72
Table A.1 – Operating conditions of a multi-channel service system	74
Table A.2 – Operating conditions of re-transmission service system	76
Table A.3 – Basic system parameters for multi-channel and re-transmission service systems	78
Table C.1 – Disturbance parameter of Raman crosstalk.....	86

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE NETWORKS FOR TELEVISION SIGNALS,
SOUND SIGNALS AND INTERACTIVE SERVICES –****Part 113: Optical systems for broadcast signal
transmissions 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 60728-113 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.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2018 and IEC 60728-13-1:2017. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) IEC 60728-13-1, which deals with the bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH systems, has been merged with this document;
- b) a table containing the digital signal level at the system outlet (Table 8) has been added.

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

Draft	Report on voting
100/3900/FDIS	100/3920/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.

The list of all the parts of 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.

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.

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.

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

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 60728-113:2023

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

Part 113: Optical systems for broadcast signal transmissions loaded with digital channels only

1 Scope

This part of IEC 60728 is applicable to optical transmission systems for broadcast signal transmission that consist of headend equipment, optical transmission lines, in-house wirings and system outlets. These systems are primarily intended for television and sound signals using digital transmission technology. This document specifies the basic system parameters and methods of measurement for optical distribution systems between headend equipment and system outlets in order to assess the system performance and its performance limits.

In this document, the upper signal frequency is limited to about 3 300 MHz.

The purpose of this part of IEC 60728 is to describe the system specifications of FTTH (fibre to the home) networks for digitally modulated broadcast signal transmission. This document is also applicable to broadcast signal transmission using a telecommunication network if it satisfies the performance of the optical portion of the system defined in this document. This document describes RF transmission for fully digitalized broadcast and narrowcast (limited area distribution of broadcast) signals over FTTH, and introduces the xPON system as a physical layer media. The detailed description of the physical layer is out of scope of this document. The scope is limited to downstream RF video signal transmission over FTTH; IP transport technologies, such as IP Multicast and associate protocols, which require a two-way optical transmission system, are out of scope of this document.

Some interference effects occurring between the telecommunication system and the broadcast system are addressed in Clause 7.

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 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

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

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

IEC TR 60728-6-1:2006, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6-1: System guidelines for analogue optical transmission systems*

IEC 60728-101:2016, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 101: System performance of forward paths loaded with digital channels only*

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

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

IEC 60825-12, *Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information*

IEC 61280-1-1:2013, *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 61755-1:2005, *Fibre optic connector optical interfaces – Part 1: Optical interfaces for single mode non-dispersion shifted fibres – General and guidance*

ITU-T Recommendation G.692, *Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers*

ITU-T Recommendation G.694.2, *Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid*

ITU-T Recommendation J.83, *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution*

ITU-T Recommendation J.183, *Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams and generic formats of transport streams over cable television systems*

ITU-T Recommendation J.382, *Advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution*

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

BER

bit error ratio

ratio between erroneous bits and the total number of transmitted bits

[SOURCE: IEC 60728-1:2014, 3.1.9]

3.1.2**central wavelength**

average of those wavelengths at which the amplitude of a light source reaches or last falls to half of the maximum amplitude

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.23, modified – The term "centre wavelength" has been replaced by "central wavelength".]

3.1.3**D/U ratio**

single or multiple frequency interference ratio of desired signal level to undesired signal level

Note 1 to entry: The ratio of desired signal level, $D(\text{dB}(\mu\text{V}))$, to undesired signal level, $U(\text{dB}(\mu\text{V}))$ is given by

$$D/U \text{ (dB)} = D - U$$

Note 2 to entry: Both the desired and the undesired signals can also be expressed in dB(mW).

Note 3 to entry: The D/U ratio is generally used for multiple frequency interference as CSO and CTB, for single frequency interference as SCR.

Note 4 to entry: Note the similarity of the definition to the definition of SINR (3.1.20).

3.1.4**MER****modulation error ratio**

sum of the sequence of the squares of the magnitudes of the ideal symbol vectors divided by the sum of the squares of magnitudes of the symbol error vectors of a sequence of symbols, the result being expressed as a power ratio in dB

[SOURCE: IEC 60728-1:2014, 3.1.61, modified – Note 1 to entry has been deleted, and "the result being expressed as a power ratio in dB" has been added to the end of the definition.]

3.1.5**OFDM signal****orthogonal frequency division multiplexing**

multiplexing scheme used for the transportation of terrestrial digital broadcasting SDTV and HDTV signals based on the idea of frequency-division multiplexing

Note 1 to entry: OFDM is based on the idea of frequency-division multiplexing, where each frequency subcarrier is modulated with a simpler modulation, and the frequencies and modulation of FDM are arranged to be orthogonal with each other, which almost eliminates the interference between subcarriers.

3.1.6**optical amplifier**

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

Note 1 to entry: There are several methods based on wavelength to be used for amplification. The term "Erbium Doped Fibre Amplifier (EDFA)" is the synonym of optical amplifier in this document.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.75, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.7**optical modulation index**

optical modulation index of k -th RF signal, m_k is defined as

$$m_k = \frac{\phi_h - \phi}{\phi_h + \phi}$$

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.]

3.1.8

optical receiver

receiving fibre optic terminal device accepting at its input port a modulated optical signal, 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 has been added, and the terms "optical receiving unit" and "Rx" have been omitted.]

3.1.9

optical transmitter

transmitting 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.

Note 2 to entry: This piece of equipment amplifies frequency multiplexed electrical signals and converts these electrical signals into optical signals. The optical wavelength is a 1 500 nm band ($1\,550 \pm 10$ nm in the 1 530 nm to 1 625 nm range).

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.6, modified – Notes 1 and 2 to entry have been added, and the terms "optical transmitting unit" and "Tx" have been omitted.]

3.1.10

OLT

optical line terminal

central office terminal equipment that is linked with the optical network unit (ONU) in the customer premises

Note 1 to entry: The OLT usually connects with headend equipment.

3.1.11

ONU

optical network unit

device at the customer premises that is linked with the optical line terminal (OLT)

Note 1 to entry: The ONU usually connects with other customer premises equipment.

3.1.12**QAM signal****quadrature amplitude modulation****QAM**

amplitude modulation by two separate signals of two sinusoidal carriers having the same amplitude and frequency but being in phase quadrature, the modulated signals being added for transmission in a single channel

[SOURCE: IEC 60050-702:1992, 702-06-63]

3.1.13**Rayleigh scattering**

light scattering in a medium due to inhomogeneity in material density or composition of that medium which are small with respect to wavelength

Note 1 to entry: The scattered power is inversely proportional to the fourth power of the wavelength.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-03-37]

3.1.14**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 ampere per watt or volt 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]

3.1.15**RIN****relative intensity noise**

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 $\text{dB}(\text{Hz}^{-1})$ resulting in negative values.

Note 2 to entry: The value of RIN can also be calculated from the results of a signal-to-noise measurement for the system.

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.12, modified – In Note 2 to entry, "carrier-to-noise" replaced with "signal-to-noise".]

3.1.16**SBS****stimulated Brillouin scattering**

non-linear scattering of optical radiation characterized by a frequency shift

Note 1 to entry: In silica fibres the frequency shift is typically around 10 GHz.

Note 2 to entry: SBS results in loss of optical level and affects the performance of optical system.

3.1.17**SCR****signal-to-crosstalk ratio**

level difference between the CATV broadcast signal level and the single frequency crosstalk level by other services in the worst case measured at the RF output port of the optical receiver for a CATV broadcast service

$$R_{SC} = D_{CATV} - U_{OS}$$

where

D_{CATV} is the nominal level of the CATV broadcast signal in dB(μV) at the RF output port of the optical CATV broadcast receiver;

U_{OS} is the worst-case level of other service's single-frequency crosstalk in dB(μV) at the RF output port of the optical CATV broadcast receiver. The value of U_{OS} is mainly due to the Raman scattering effect;

R_{SC} is the signal-to-crosstalk ratio, expressed in dB.

3.1.18**signal level**

strength of a digitally modulated signal given by the RMS power of the signal within the channel bandwidth ($S_{D,RF}$)

Note 1 to entry: The level of an OFDM signal is the average electrical power of the overall signal comprised of multi-carriers and is not the individual carrier level of the multi-carrier signal, as shown in Table 1.

Table 1 – Level of RF signals

Signal	Level detection	Symbol	Remarks
QAM signal	RMS value	$S_{D,RF}$	The value is averaged over a sufficiently long period of time compared to period of the lowest frequency used for the modulation.
OFDM signal	RMS value		

Note 2 to entry: The level of digitally modulated signal can be expressed in dB(mW) or in dB(μV) referred to 75 Ω.

3.1.19**splitter**

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 can be connected to fibres, detectors, etc.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.21, modified – The term "splitter" has been added, and "optical fibre branching device" and "optical fibre coupler" have been deleted.]

3.1.20**SINR**

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

signal-to-intermodulation and noise ratio(R_{SIN}) is given by

$$R_{SIN} \text{ (dB)} = S_{D,RF} - N_{IN,rms} \text{ (digital signals)}$$

where,

$S_{D,RF}$ is the signal level;

$N_{IN,rms}$ is the RMS level of the intermodulation and noise in the equivalent noise bandwidth of the RF channel.

Note 1 to entry: The level of the RF digitally modulated signal and the level of the noise are expressed in the same units, in dB(mW) or in dB(μV) measured across a 75 Ω termination, or referred to 75 Ω.

Note 2 to entry: In this document, only digital modulated carriers are considered. The term R_{SIN} used in this document is the same as the term $S_{\text{D,RF}} / N$ defined in IEC 60728-1:2014, 3.1.72.

3.1.21

SPM

self-phase modulation

non-linear phase modulation caused by a device or a system itself due to excessive optical power launched into the fibre causing an increase of the refractive index of optical fibres

Note 1 to entry: Modulated optical signal induces modulation of refractive index, which means that the phase of optical signal varies in time.

Note 2 to entry: SPM affects the distortion properties of an optical transmission.

3.1.22

SRS

stimulated Raman scattering

non-linear scattering of optical radiation characterized by a wavelength shift and accompanied by very high frequency vibration of the medium lattice, strongly enhanced by the presence of already scattered radiation

Note 1 to entry: In silica fibres the wavelength shift is typically around 100 nm for an exciting radiation with a wavelength around 1 550 nm.

Note 2 to entry: Stimulated Raman scattering can occur in both forward and backward directions and can cause crosstalk between optical signals of different wavelengths.

Note 3 to entry: Frequency downshift is about 13 THz and gain bandwidth about 20 GHz.

[SOURCE: IEC 61931:1998, 2.1.87, modified – Notes 2 and 3 to entry have been added]

3.1.23

total optical modulation index (total OMI)

resulting optical modulation index when more than one RF signal is transmitted, M_{total} , which is defined as

$$M_{\text{total}} = \sqrt{\sum_{k=1}^K m_k^2}$$

where

m_k is the optical modulation index of the k -th RF signal;

K is the total number of RF signals.

3.1.24

V-ONU

video-optical network unit

terminal unit that changes the optical signal of a broadcast system into an electrical signal

Note 1 to entry: The term "V-ONU" is used as the synonym of optical receiver (O/E) in this document.

3.1.25

WDM filter

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

3.1.26**WDM coupler**

wavelength coupling device (used in WDM transmission systems) in which optical signals in different wavelengths can be coupled between two predetermined ports

3.1.27**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

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

where

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

f is the optical frequency in Hz.

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.]

3.1.28**XPM****cross-phase modulation**

modulation caused by the nonlinear refractive index of the fibre material

Note 1 to entry: XPM has a relationship with the wavelength spacing in optical transmission system. The more the spacing becomes broader, the more the XPM value decreases. In a WDM system having 1 490 nm (communication signal) and 1 550 nm (broadcast signal) wavelengths, XPM becomes negligibly small compared to SRS due to this relationship

Note 2 to entry: XPM affects the performance of the wavelength division multiplex system.

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 amplifier based on IEC 60617-S01239-2001-07.
	optical fibre, IEC 60617-S01318-2001-07.		variable attenuator, IEC 60617-S01245-2001-07
	optical receiver based on IEC 60617-S00213-2001-07.		power meter, IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S00910-2001-07.
	electrical spectrum analyser, IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S00910-2001-07.		amplifier, IEC 60617-S01239-2001-07.
	ammeter based on IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S00910-2001-07.		photodiode with fibre pigtail, IEC 60617-S01327-2001-07.
	coupler, IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S01188-2001-07.		optical filter
	optical terminator, IEC 60617-S01180-2001-07		NF meter
	Optical splitter based on IEC TR 61930:1998 3.33.1.		Television set
	Video optical network unit		Attenuator, IEC 60617-S01244-2001-07.
	selective voltmeter, IEC 60617-S01429-2001-07		optical spectrum analyser based on [IEC 60617-S00059 (2001-07) and IEC 60617-S00910 (2001-07)]

3.3 Abbreviated terms

ADS	active double star	AGC	automatic gain control
ALC	automatic level control	APC	angled physical contact optical connector
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem multiple error correction binary block code	BER	bit error ratio
BNI	building network interface	CATV	community antenna television (network)
CCDF	complementary cumulative distribution function	CPE	customer premises equipment
CW	continuous wave	CWDM	coarse wavelength division multiplexing
D/U	desired to undesired signal ratio	DM	coded orthogonal frequency division multiplex
DS	downstream or double star	DSF	dispersion shifted fibre
DVB-C	digital video broadcasting baseline system for digital cable television (ETSI EN 300 429)	DVB-C2	digital video broadcasting baseline system for digital cable television second generation (ETSI EN 302 769)
DVB-S	digital video broadcasting baseline system for digital satellite television (ETSI EN 300 421)	DVB-S2	digital video broadcasting baseline system for digital satellite television second generation (ETSI EN 302 307)
DVB-T	digital video broadcasting baseline system for digital terrestrial television (ETSI EN 300 744)	DVB-T2	digital video broadcasting baseline system for digital terrestrial television second generation (ETSI EN 302 755)
EDFA	erbium-doped fibre amplifier	END	equivalent noise degradation
E/O	optical transmitter (electrical-optical transducer)	EVM	error vector magnitude
FTTB	fibre to the building	FTTH	fibre to the home
GEAPON	gigabit ethernet passive optical network	GPON	gigabit passive optical network
G/T	gain to noise temperature ratio	HDTV	high-definition television
H/E	headend	HFC	hybrid fibre coaxial
HNI	home network interface	ISDB-C	integrated services digital broadcasting – cable
ISDB-C2	integrated services digital broadcasting – cable second generation	ISDB-S	integrated services digital broadcasting – satellite
ISDB-S3	integrated services digital broadcasting – satellite third generation	ISDB-T	integrated services digital broadcasting – terrestrial
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication sector	LD	laser diode
LDPC	low-density parity check (codes)	MC	media converter
MDU	multiple dwelling unit	MER	modulation error ratio
NF	noise figure	NM	noise margin
O/E	optical receiver (optical to electrical transducer)	OFCS	optical fibre communication system
OFDM	orthogonal frequency division multiplex	OLT	optical line terminal
OMI	optical modulation index	ONU	optical network unit
PC	physical contact	PD	photo diode
PDS	passive double star	PER	packet error ratio
PON	passive optical network	PSCS	polarization state change system
QAM	quadrature amplitude modulation	QPSK	quaternary phase shift keying
RBW	resolution bandwidth	RF	radio frequency
RFoG	radio frequency over glass	RIN	relative intensity noise
RS	Reed-Solomon	SBS	stimulated Brillouin scattering

SCR	signal-to-crosstalk ratio	SDTV	standard definition television
SDU	single dwelling unit	SER	symbol error rate
SINR	signal-to-intermodulation and noise ratio	SMF	single mode fibre
SPM	self-phase modulation	SRS	stimulated Raman scattering
SS	single star	SW	switch
TMCC	transmission and multiplexing configuration control information	US	up stream
VBW	video bandwidth	V-ONU	video optical network unit
WDM	wavelength division multiplexing	XPM	cross-phase modulation

4 Optical system reference model

4.1 Overview

This document describes the FTTH system reference model for broadcast signal transmission. The pass-through method of satellite broadcast signals over the FTTH system which uses AM-FDM (SCM) transmission is included in it. This document contains descriptions of the measurement methods and specifications for optical wavelength division multiplex and for xPSK (QPSK, 8PSK, TC-8PSK) and 16APSK modulation systems. It specifies the downstream video signal transmission and thus the two-way optical transmission system is out of the scope of this document. This document applies to FTTH systems of broadband broadcast signal transmission which conveys satellite broadcast signals using one or multiple optical wavelengths.

This document also includes technical descriptions for new transmission signals, such as 4K video content, which require more bandwidth expansion than the system described in the previous edition of this document. Furthermore, it is assumed that the 4K original video content and other new services expected in the future (such as 8K, 3D-hologram, and/or video on demand (VOD) etc.) will be transmitted on cable platforms via satellite link.

4.2 Over-all FTTH system reference model

Figure 1 depicts an over-all FTTH system reference model for broadcast signal transmission. Although the numbers of optical amplifiers and optical splitters depend on the scale of the optical system, or on the number of subscriber terminals to be connected, the fundamental network configuration shall follow this system reference model. The FTTH system consists of three network sections, (1) a transmission network, (2) a distribution network and (3) an access network.

The headend system and the home network are connected using the FTTH network. "In-building optical system" is defined as being between the BNI and the HNI in this document. The BNI is defined as an interface point between cable operator and building owner. The HNI is defined as an interface point between the in-building network and the home network owned by end-user.

In addition, the optical levels in operation required for the system are relatively high, and hence, special attention for safety shall be paid in accordance with IEC 60825-1, IEC 60825-2 and IEC 60825-12.

The reference model shown in Figure 1 includes the broadcast signal transmission system and the data signal transmission system. The broadcast signal transmission system uses one-way transmission while the data signal transmission system uses both ways of transmission over the optical fibre with different optical wavelengths. Both systems are combined by WDM filters at input and output of the distribution network. The distribution network shall consist of passive optical components such as optical fibres and optical power splitters only, considering simple maintenance and easiness of future system expansion. Although the data signal transmission system can transmit any IP signal to subscriber premises through the same networks, such a system is out of the scope of this document.

A triple-play ONU (integral ONU for V-ONU, data-ONU and telephone terminal) can be used in a one-fibre solution. And in some cases, ONUs are located outside of subscribers' houses.

There are two ways for connecting multi-dwelling units (MDU) with FTTH systems (see Figure 1). One is connected by an electrical port after the V-ONU output and the other one is connected by an optical port connected directly to the outdoor closure through an optical drop cable as illustrated in Figure 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

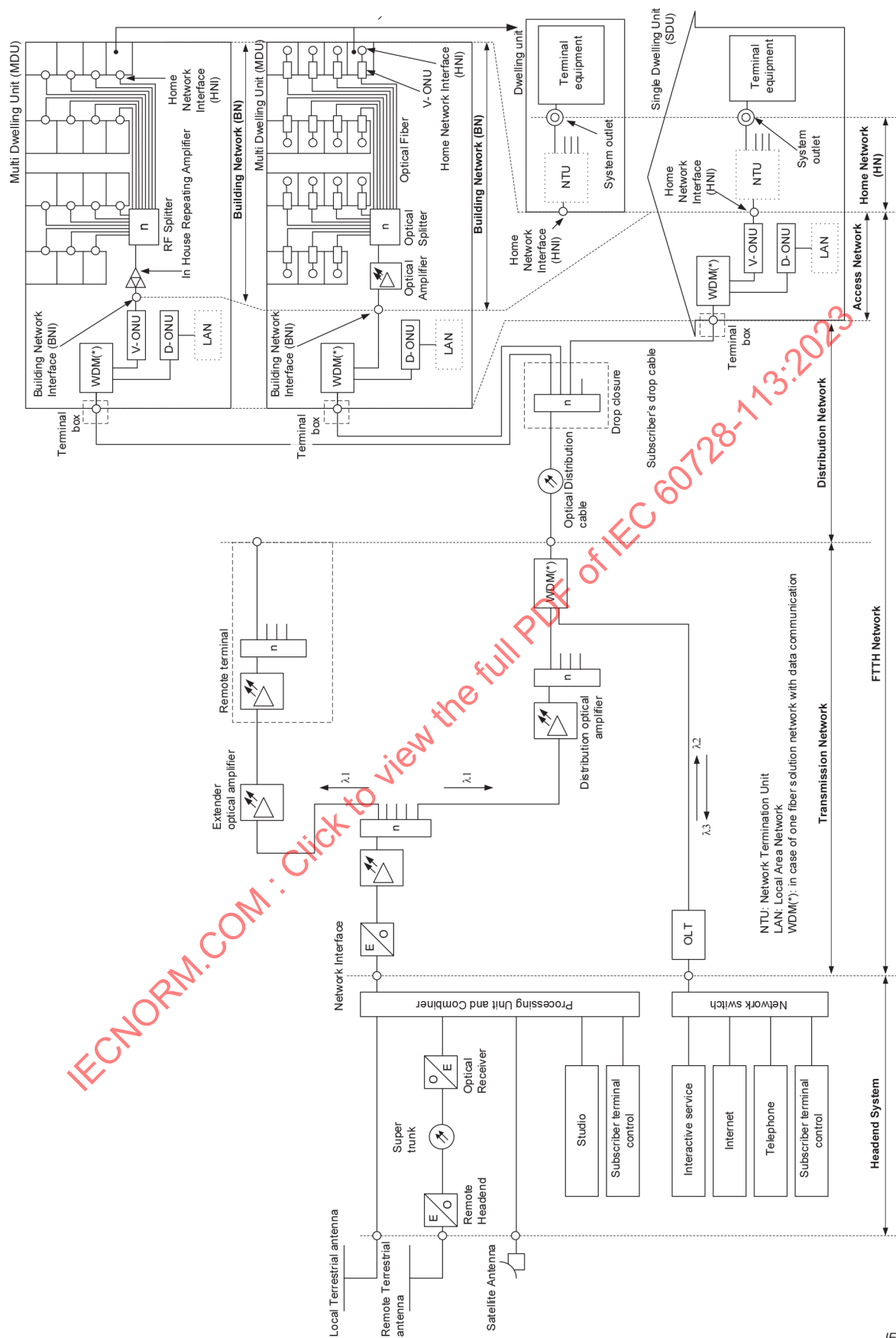


Figure 1 – Example of FTTH system for television and sound signal

4.3 Reference models for the optical systems for broadcast signal transmissions

4.3.1 Optical wavelength for FTTH system

In this document, the optical wavelengths and electrical frequency bands listed in Table 2 and Table 3 are used.

Table 2 – Optical wavelength for FTTH system

Optical signal	Wavelength	Document
Video transmission	1 550 nm	IEC 60728-13,
RF return (RFoG)	1 610 nm	IEC 60728-14
Data (Downstream)	1 490 nm / 1 577 nm	ISO/IEC/IEEE 8802-3
Data (Upstream)	1 310 nm / 1 270 nm	ISO/IEC/IEEE 8802-3

Table 3 – Frequency range

Frequency band	Document
47 MHz to 862 MHz (only digitally modulated signals)	IEC 60728-101, IEC 60728-13
950 MHz to 3 300 MHz (satellite signal transmission for analogically and digitally modulated signals)	IEC 60728-13-1

4.3.2 Reference models

This clause shows two basic optical reference models for transmitting broadcast signals.

The expansion contains a conversion method that transfers broadcast signals to optical signals using a single optical transmitter with an expanded bandwidth in a one-wavelength system or by expanding the bandwidth by adding a second optical transmitter (i.e. a two-wavelength system). Migrating from the original system, the following options exist.

a) Reference model using one wavelength

An FTTH CATV system using one wavelength is shown in Figure 2. In the one-fibre solution, it is required to avoid optical and electrical crosstalk. Optical crosstalk between the downstream data signal transmitted on 1 490 nm wavelength and the CATV downstream signal is generated if the 1 550 nm WDM does not provide sufficient isolation for the 1 490 nm signal.

Electrical crosstalk between the 1 310 nm data driver signal and the 1 550 nm CATV PD receiver input signal is due to electromagnetic radiation in a very compact triplexer housing.

b) Reference model using two wavelengths

An FTTH CATV system using two wavelengths is shown in Figure 3. In the case of separate optical fibre transmission of the broadcast and the communication signals, the WDM filter in Figure 2 or Figure 3 should be removed and the system should use separated fibres for each signal.

The two-wavelength system (Figure 3) should contain two optical transmitters and receive the two wavelength (λ_1 , λ_2) signals with a single receiver. The WDM filter at the receiving side, for the separation of λ_1 and λ_2 signals, is not necessary. However, the WDM filter for the separation of broadcast and communication signals is necessary at the receiving side.

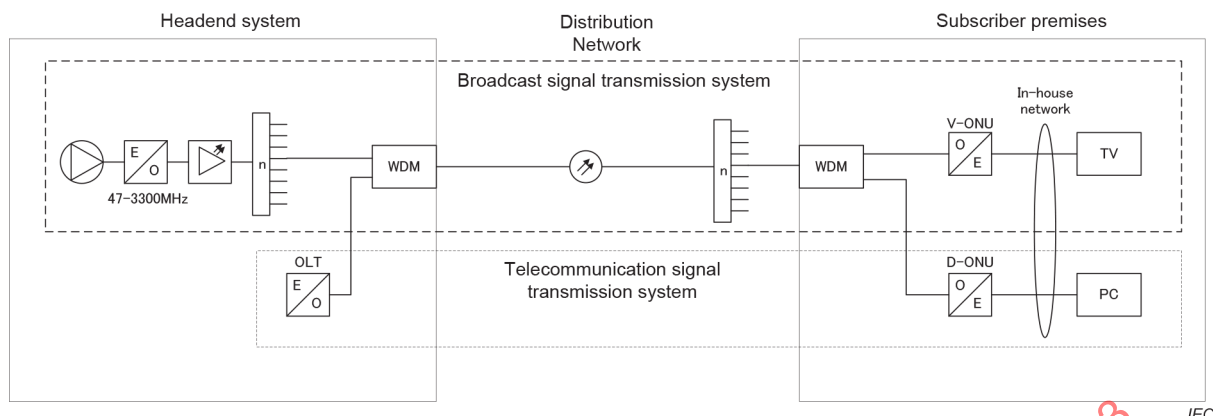


Figure 2 – FTTH Cable TV system using one wavelength

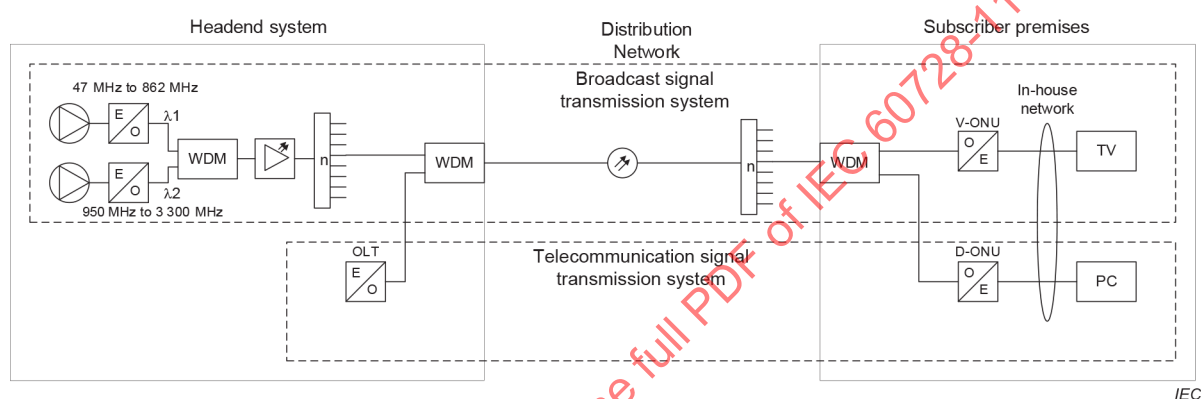


Figure 3 – FTTH Cable TV system using two wavelengths

4.4 Specified performance points of the optical system

The specified performance points of the optical system are shown in Figure 4. The specified performance points are the same for one wavelength and two wavelengths.

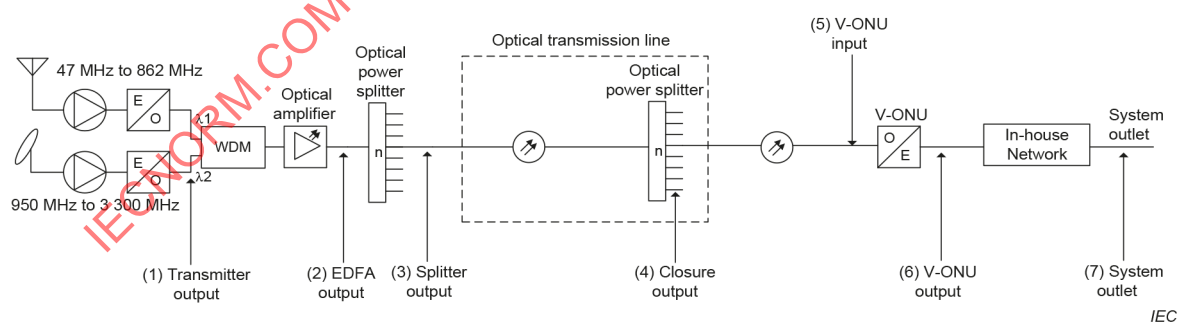


Figure 4 – Specified performance points of the optical system

5 Preparation of measurement

5.1 Environmental conditions

5.1.1 Standard measurement conditions

Unless otherwise specified, all the measurement equipment shall be used in the following standard conditions.

5.1.2 Temperature and humidity

The ambient temperature and relative humidity shall be in the range of 15 °C to 35 °C and 25 % to 75 %, respectively (see IEC 60068-1:2013, 4.3). Nevertheless, the specification of the measurement equipment shall be taken into account.

5.1.3 Setting up the measuring setup and system under test

The system under test shall be in the normal operating condition, and all the pieces of equipment in the system shall be mounted and tuned according to the designed level diagram prior to the measurement.

5.1.4 AGC/ALC operation

Unless otherwise specified, all pieces of equipment in the system shall be operated in the AGC (automatic gain control) or ALC (automatic level control) mode.

5.1.5 Impedance matching between pieces of equipment

The impedance of the pieces of equipment and the test setup shall match, and measurement error shall be avoided by introducing components such as attenuators.

5.1.6 Standard operating condition

The standard operating condition refers to the condition in which the CATV system under test is fully functional at a given facility. All the input and output of individual pieces of equipment shall be tuned according to the designed level diagram before any measurement is carried out.

5.1.7 Standard signal and measuring equipment

For measurement purposes, the standard signals used in the measuring equipment, as well as in the system under test, shall be set according to the prescribed standard signal format of the individual system. The measuring equipment to be used is described in Table 4 (passive pieces of equipment are excluded).

Table 4 – Measuring equipment

Name of equipment	Usage
Optical power meter	Instrument to measure the power of the optical signal.
Optical spectrum analyser or Optical wavelength meter	Instrument to measure the wavelength of the optical signal.
Spectrum analyser	Instrument used for quantitative measurement of high-frequency signals.
Signal generator	Instrument used to generate high-frequency digital signals.
Digital signal analyser	Instrument used for quantitative measurement of digital modulated signals and error vector.
Noise figure (NF) meter ^a	Instrument used to measure the noise figure (NF).
Constellation analyser	Instrument used for visually knowing the state such as the orthogonality of the I signal and the Q signal of the modulated signal and the imbalance of gain. MER is a numerical value of the variation of the constellation.
Current meter (ammeter) ^a	Instrument used to measure electrical current.
Voltmeter	Instrument used to measure voltage.
Noise source	Instrument used to generate Gaussian noise signal. (flat within the required measurement range)
V-ONU	Optical receiver unit used to convert an optical video signal to an electrical signal.
WDM Filter	Instrument used to separate the wavelength for measuring optical power and wavelength.
Selective voltmeter	Instrument used for quantitative voltage measurement covering the frequency range of the broadcast service. A spectrum analyser can also be used for this purpose.
^a If the RIN calculation parameters of ONU, responsivity (R), dark current (I_{d0}) and equivalent noise current density (I_{eq}) are known beforehand, these instruments are not necessary.	

5.2 Accuracy of measuring equipment

All the devices and instruments used for the measurement shall be accurately calibrated. The standard sources used for calibration shall be calibrated within 6 months before the day of the measurement.

5.3 Source power

The supply voltage and frequency for the measuring instruments and the equipment of the system under test shall be obtained from the corresponding instrument/equipment specifications.

6 Methods of measurement

6.1 Measuring points and items

6.1.1 General

This clause describes methods of measurement specifically designed for FTTH system.

The measurement points described in this document are limited to the part of the system that is ranging from the output terminal of the optical transmitter to the system outlet.

6.1.2 Measuring points

Typical optical video distribution system is shown in Figure 5. It is required to measure the optical power at points (1) to (5), and the electrical signal level at points (6) and (7) of Figure 5 to ensure total system performance. Points (5), (6) and (7) shall be measured to guarantee the system performance at the end point of the optical section and at the interface point to the customer premises. The RIN should be measured at points (1) to (5) and SINR (electrical signal) at points (6) and (7).

6.1.3 Measured parameters

The following measurements shall be carried out.

a) Optical power

The optical power shall be measured at points (1) to (5) in the optical system shown in Figure 5.

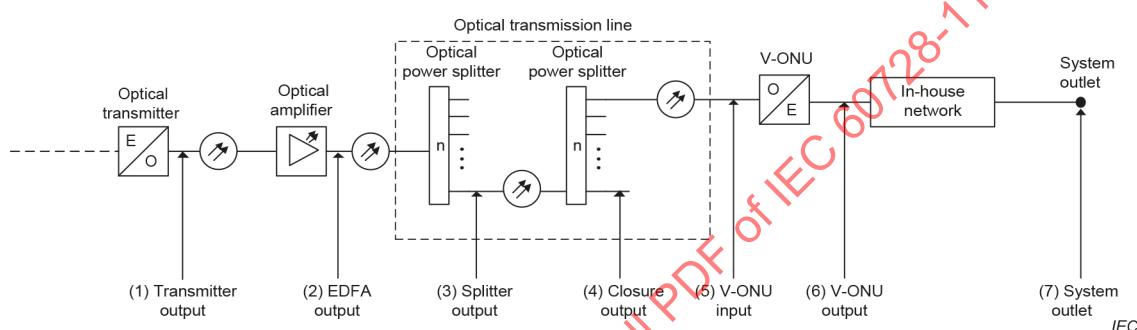


Figure 5 – Typical optical video distribution system

b) Signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) (electrical signal)

The signal-to-intermodulation and noise ratio shall be measured after the optical signal is converted to an electrical signal, and it shall be carried out at measurement points (6) and (7).

c) Measuring RIN (relative intensity noise)

Estimation of the signal-to-intermodulation and noise ratio at the output of a V-ONU is calculated from the measured RIN (relative intensity noise) of the optical input signal of V-ONU at point (5).

It is preferable to measure the RIN when the optical power at the measuring point is higher than -3 dB(mW) , a limitation imposed by the noise performance of the measuring setup. Similarly, since the optical power at the measuring point (5) in a typical system is lower than -3 dB(mW) , the measurement error becomes large and the measurement of RIN at this point is not recommended.

However, since the above limitation is due only to the noise performance of the measuring system, this can be exempted if the accuracy of measurement improves in future.

Measuring points and measured parameters are summarized in Table 5.

The measurements at points (5), (6) and (7) are mandatory, while measurements at other points are required to ensure system performance.

Table 5 – Measuring points and measured parameters

Measured parameters	Measuring points						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Transmitter output	EDFA output	Power splitter output	Closure output	V-ONU input	V-ONU output	System outlet
Optical power	○	○	○	○	○	–	–
Optical wavelength	○	●	●	●	●	–	–
SINR (electrical)	–	–	–	–	–	○	○
SINR (RIN) (see NOTE)	○	○	Δ	Δ	Δ	–	–
BER, MER	–	–	–	–	–	○	○
Key ○ Measurements are possible at these points ● Wavelength measured at transmitter output, it can represent the entire system. - Δ Measurements are possible at these points when the optical power is higher than –3 dB (mW) – Measurements are not possible at these points. The measurements at points (5), (6) and (7) are mandatory, while measurement at other points is required to ensure the system performance. NOTE Theoretical estimation of SINR at point (6), at the output of the V-ONU, is based on the measurement results of individual equipment.							

6.2 General measurement requirement

6.2.1 General

Unless otherwise specified, for all the measurements described in Clause 6, the requirements in 6.2.2, 6.2.3 and 6.2.4 shall be considered.

6.2.2 Input specification

The following conditions shall be obtained from the specification of the device, instrument or system under test:

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

6.2.3 Standard measurement conditions

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

- a) The ambient temperature and relative humidity shall be in the range of 15 °C to 35 °C and 25 % to 75 %, respectively [see IEC 60068-1:2013, 4.3]. Nevertheless, the specification of the measurement equipment shall be taken into account.
- b) The device, instrument or system under test shall be in normal operating condition and shall be mounted and tuned according to the designed level diagram prior to the measurement.
- c) The normal operating condition refers to the condition in which the CATV/MATV/SMATV system under test is fully functional at a given facility.
- d) The impedance-matching between pieces of equipment and the test setup shall be aligned, and any measurement error shall be avoided by introducing components such as attenuators.

- e) Use calibrated measurement equipment. Refer to the specifications of the measurement equipment for instructions related to calibration.

6.2.4 Precautions for measurements

- a) Optical reflection shall not impair the accuracy of the measurement.
- b) During measurement, the input signal and control signal (if used) shall be kept constant within 0,5 dB.
- c) Test fibres shall have clean and unscratched ends in order to prevent losses of power and reflections.
- d) Accurately calibrated measurement equipment shall be used to ensure the accuracy of measurement results.
- e) All the test equipment and test environment shall comply to human safety against laser radiation as specified in IEC 60825-2 and IEC 60825-12.

6.3 Optical power

6.3.1 General

The purpose of this measurement is to measure the average optical power at each measurement point in the optical system illustrated in Figure 5.

6.3.2 Measuring setup

6.3.2.1 Measurement of the optical power at single wavelength

The measurement of optical power at single wavelength shall be carried out in accordance with IEC 61280-1-1:2013, Clause 5.

6.3.2.2 Measurement of the optical power of a WDM signal

When multiple wavelengths are multiplexed, either by using an optical filter or a WDM coupler, the optical power of the specified wavelength shall be measured. The directivity and isolation performance of the WDM coupler used for the measurement shall be the same or better than the filter used inside the V-ONU. Connect the equipment as shown in Figure 6 or Figure 7 depending on whether a WDM coupler or a wavelength filter is used.

NOTE Methods of measurement for the optical power of single wavelength are described in IEC 61280-1-1.

The optical power at the output of a WDM coupler shall be measured in accordance with IEC 61280-1-1:2013, Clause 5.

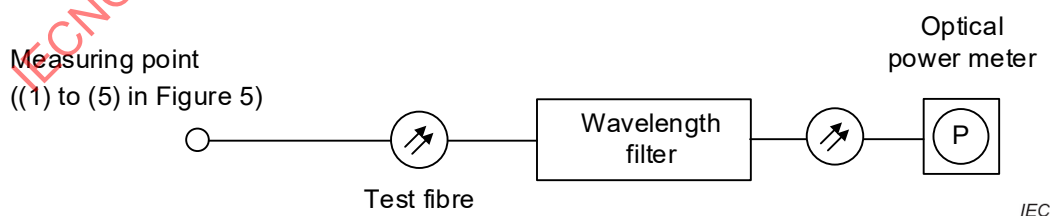


Figure 6 – Test setup for optical power measurement using a wavelength filter

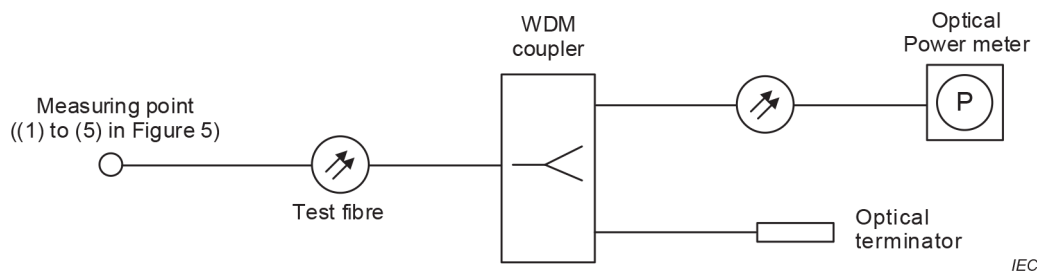


Figure 7 – Test setup for optical power measuring using a WDM coupler

6.3.3 Measuring method

In addition to the requirements of IEC 61280-1-1, the following points shall be considered.

- a) Connect the test fibre to the power meter and ensure that the power meter is switched to the specified single wavelength and only the specified wavelength signal is applied to the power meter.
- b) Measure and record the power of the output signal using the power meter.
- c) If a WDM coupler or a wavelength filter is used to measure the WDM signals, the pre-determined insertion loss of the WDM coupler or the wavelength filter shall be added to the measured optical power.

6.3.4 Precautions for measurement

The following considerations shall be taken into account.

- a) The optical fibre end-face or the connector end-face shall not be viewed directly. Also, the end-face of the fibre shall not be pointed towards any person. If there are unterminated single or multiple fibres, they shall be covered together to avoid any radiation hazard. Any unconnected optical connector shall be covered with a cap during the entire measuring time.
- b) Ensure that the power meter has a measuring range suitable for the expected power, and is capable of measuring the expected signal wavelength. The detector system of the power meter shall have a sufficiently large area to collect all the radiation from the test fibre and a spectral sensitivity compatible with the light source. A minimum accuracy of $\pm 10\%$ is recommended.
- c) The sensor portion of the power meter shall be shut off and zero offset adjustment shall be carried out before the measurement.
- d) Test fibres and connectors shall have clean and unscratched ends in order to prevent losses of power and reflections.
- e) If the measurement bandwidth and the measuring range of the power meter can be set independently, they shall be set in the auto mode prior to the measurement.
- f) The measurement shall be carried out in the CW mode. If the power meter has a selectable measurement mode (CW / 270 Hz / 1 kHz / 2 kHz), CW mode shall be selected. Power meters without any measurement mode function normally operate in CW mode. Ensure CW mode operation prior to the measurement.
- g) If there is any instability in the measurement (the measured value fluctuates when the end-face of the fixed attenuator is directly connected to the power meter), a suitable patch cord shall be used, and the measurement shall be repeated.
- h) The potential sources of error are the following:
 - 1) the inaccuracy of the power meter, for example if its dark current is not sufficiently low;
 - 2) the attenuation of the test fibre and the specified coupling means.

6.3.5 Presentation of the results

The optical power shall be expressed in dB(mW).

6.4 Optical wavelength

6.4.1 Introduction

The purpose of this measurement is to measure the central wavelength or peak wavelength at each measurement point listed in Clause 7.

6.4.2 Method of measurement

The optical wavelength, in the FTTH system for broadcast signal transmission, shall be measured following the descriptions given below.

If a single V-ONU is used to receive multiple wavelengths simultaneously without any WDM filter, a test WDM filter shall be used to measure the individual optical wavelength at the input of the V-ONU. The measurement setup is shown in Figure 8 and Figure 9.



Figure 8 – Measurement of optical wavelength without a WDM coupler

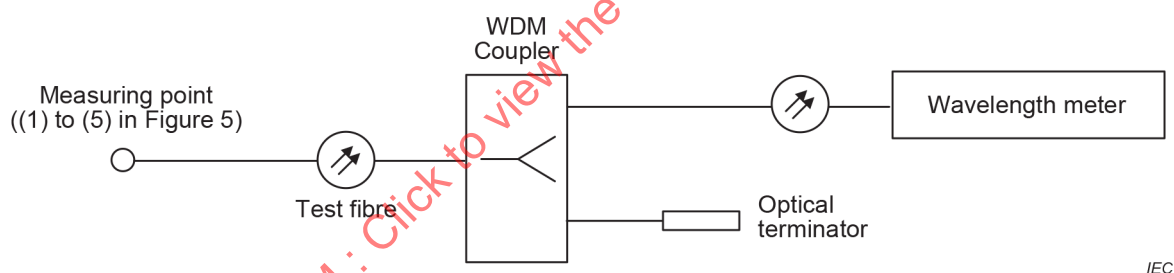


Figure 9 – Measurement of optical wavelength using a WDM coupler

For measuring the central wavelength λ_0 of the spectrum of an optical signal under modulation, the method described in IEC 61280-1-3 shall be used.

6.4.3 Presentation of the results

The central optical wavelength shall be expressed in nm.

6.5 SINR (signal-to-intermodulation and noise ratio) below 1GHz

6.5.1 General

The purpose of this test method is to measure the signal level of a television broadcast signal of less than 1 GHz. Also, the RF signal-to-intermodulation and noise ratio is measured using the measured noise level within the transmission bandwidth of the television signal. This test method performs the measurement in the electrical domain.

6.5.2 Measuring setup

Connect the pieces of equipment as shown in Figure 10. The method for measuring the RF signal-to-intermodulation and noise ratio of optical transmission systems is the same as that for cabled distribution systems (see IEC 60728-101:2016, 4.4).

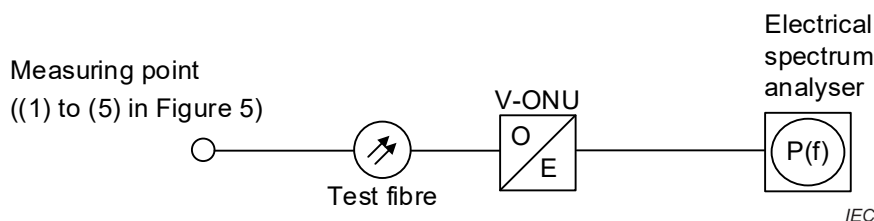


Figure 10 – Test setup for RF signal to intermodulation and noise ratio measurement

The test setup of Figure 10 is for simplified measurement of signal-to-intermodulation and noise ratio in the optical domain. The correct measurement shall be carried out in the electrical domain using an electrical spectrum analyser at points (6) and (7), described in Table 5.

6.5.3 Measuring conditions

The following measuring conditions apply.

- The spectrum analyser used for the measurement shall be calibrated before the measurement. The supply voltage of all the pieces of equipment used for the measurements shall be switched on at least 30 min before the start of the measurement.
- If the measuring instrument has any calibration function, it shall be executed prior to the measurement.
- Suitable coaxial cables and connectors shall be used to maintain proper impedance matching within the measurement system.

6.5.4 Precautions for measurement

The following considerations shall be taken into account.

- Measurement accuracy: to obtain an accurate measurement of RF signal to intermodulation and noise ratio, it is necessary to turn off the channel under test and measure the noise level within the channel bandwidth. Depending on the situation, it is expected that the arbitrary broadcast channel cannot be turned off during network operation. Therefore, the inaccuracy and measurement error of the test method prescribed in this document shall be observed.
- Attenuation setup of the spectrum analyser: most spectrum analysers have a default input attenuation of 10 dB when powered on. It is possible to carry out the measurement with this default value when the total electrical input power does not exceed 0 dB(mW). Total electrical power is measured using the electrical power measurement option of the spectrum analyser and by setting the centre frequency to 510 MHz, the frequency span to 1 GHz, and the channel power measurement bandwidth to 1 GHz. There shall not be any signal outside the above frequency span. If the total power (P_T) exceeds 0 dB(mW) (109 dB(μV) at 75 Ω impedance) on the voltage display, in order to avoid any distortion generated within the spectrum analyser, adjust the input attenuation (A_{in}) setting to satisfy the following relation:

$$P_T - A_{in} < -10 \text{ dB(mW)}.$$

- Measure the output of the digital signal generator using a calibrated power meter with a thermocoupled sensor and taking this as the true value, calibrate the measurement level of the spectrum analyser.

- d) When the RF signal-to-intermodulation and noise ratio of the signal is very small, the noise within the signal will be larger than the measurement error and cannot be neglected. If a correction factor needs to be applied, this correction factor shall be subtracted from the spectrum analyser measured level (see IEC 60728-101:2016, Annex A).
- e) This document recommends the test method using the electrical power measurement option of the spectrum analyser to deal with QAM and OFDM signals. This test method is preferred because any correction necessary within the spectrum analyser is automatically processed irrespective of the type of spectrum analyser used for the measurement. Also, the flatness of the signal over the transmission bandwidth does not influence the measurement results.

NOTE The noise level per unit frequency can be expressed in $\text{dB}(\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}})$ or in $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{Hz})$.

6.5.5 Presentation of the results

The signal level shall be expressed in $\text{dB}(\text{mW})$ or in $\text{dB}(\mu\text{V})$ and the RF signal-to-intermodulation and noise ratio shall be expressed in dB .

6.6 Relative intensity noise (RIN) of optical signal

6.6.1 General

The purpose of this measurement method is to predict the signal-to-intermodulation and noise ratio at the output of a V-ONU from the measured relative intensity noise (RIN) of the optical input signal to the V-ONU.

The RIN is the noise caused by fluctuations in optical output power with respect to time and is expressed as the ratio of average optical power to the average noise power measured in a 1-Hz bandwidth. It is difficult to measure the RIN directly in the optical domain and the measurement shall be carried out after converting the optical signal to an electrical signal. The RIN can also be calculated from the measured performance of individual components constituting the system. However, it is necessary to measure the RIN on a near-side measurement point where the optical signal is converted to an electrical signal, for instance, at the V-ONU input.

6.6.2 Measuring setup

The measuring setup is the following.

a) Measurement points

The measurement points in the cable TV network for optical signals are shown in Figure 5.

- In order to calculate the signal-to-intermodulation and noise ratio at the V-ONU output, it is necessary to measure the RIN, as shown in Figure 5 at points (1) to (3), where the optical output power is sufficiently high to allow RIN measurements to be accurate.

NOTE RIN measurements are not accurate when the optical power is lower than $-3 \text{ dB}(\text{mW})$.

- If no optical amplifier is employed in the system, the RIN shall be measured at point (1).
- If an outdoor-type optical amplifier is employed and measurement can be carried out outdoors, the optical amplifier output shall be considered as a measurement point.

b) Measuring setup

Figure 11 shows the RIN measurement setup.

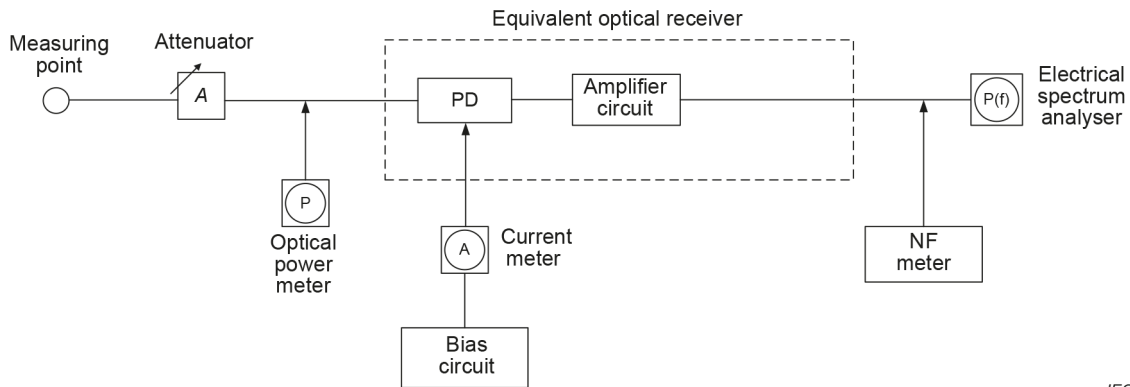


Figure 11 – Test setup for RIN measurement

6.6.3 Measurement conditions

The following measurement conditions apply.

- Only calibrated instruments (spectrum analyser, optical power meter, current meter, network analyser, NF meter and the optical attenuator) shall be used for the measurements.
- The spectrum analyser shall have the option to measure the noise power density. The optical receiver part is constituted by a photo diode (PD), a low-noise preamplifier and a matching circuit. The photo diode shall have the provision to measure the photo diode current.
- A CW optical signal shall be used for the measurement. To avoid SBS interference, a form of technology shall be applied, such as the SBS suppression carrier method.
- The optical input level to the optical receiver shall be around 0 dB(mW) and shall not be lower than –3 dB(mW).

The RIN degradation due to Rayleigh scattering and multiple optical reflections within the transmission line cannot be neglected. Therefore, if the RIN measurement is carried out within the headend, an equivalent optical cable having a similar performance to the cable used in the actual optical network shall be inserted at the measurement point in Figure 5.

6.6.4 System RIN measuring method

6.6.4.1 General

This test method shall be applied to predict the signal-to- intermodulation and noise ratio at the output of a V-ONU from the RIN measurement using the setup shown in Figure 11. Subclause 6.6.4 contains several steps, as outlined in 6.6.4.2 and 6.6.4.3. If the parameters for R , I_{d0} , I_{eq} and G are unknown, refer to Annex D. The RIN can be calculated using these parameters.

6.6.4.2 Step A: input power of optical receiver and system noise (noise current density)

- Measure the input power of the optical receiver (P_r) using a power meter.
- Connect the spectrum analyser at the output of the optical receiver and select the measurement mode to measure the noise power density. Measure the noise power density per unit frequency, N_p , expressed in dB(mW)/Hz. The total noise current per Hz, I_{bn} , of the optical receiver can be calculated using Equation (1) with the RBW of the spectrum analyser set to 100 kHz:

$$I_{bn} = \sqrt{\frac{\frac{N_p}{10^{10}} \times 10^{-3}}{Z_0}} \quad \left[\text{A}/\sqrt{\text{Hz}} \right] \quad (1)$$

where

Z_0 is the impedance of the measurement setup, expressed in Ω ;

N_p is the noise power density, expressed in dB(mW)/Hz.

- The measured noise level (N_p) includes that of the measuring equipment (spectrum analyser), which should be at least 20 dB lower than the noise level displayed outside the channel band in order not to affect the results. Otherwise, the contribution of noise (due to the system or the equipment under test and to the measuring equipment) should be taken into account in the measurement of the noise level (see IEC 60728-101:2016, Annex A).

The following correction shall be applied if the noise level (N_L) is measured with a spectrum analyser:

$$N_p = N_L + 10 \lg (B_n/B) + K_1 + K_2$$

where

B_n is the measurement bandwidth of noise power (N_p) 1 Hz;

B is the noise bandwidth, $\text{RBW} \times 1,2$ (noise bandwidth correction factor) = 120 000 Hz;

K_1 is the correction factor for conversion to effective voltage level = $20 \lg(2/\sqrt{\pi}) = 1,05$ dB;

K_2 is the correction factor for the logarithmic amplifier of spectrum analyser = 1,45 dB.

6.6.4.3 Step B: RIN calculation

- From the above measurement results, the N_{RIN} can be calculated using Equation (2):

$$N_{\text{RIN}} = 10 \lg \left(\frac{\frac{I_{bn}^2}{G}}{(R \cdot P_r)^2} - \frac{2e}{(R \cdot P_r)^2} (I_{d0} + R \cdot P_r) - \frac{I_{eq}^2}{(R \cdot P_r)^2} \right) \left[\text{dB}(\text{Hz}^{-1}) \right] \quad (2)$$

where

R is the responsivity of the photodiode, expressed in A/W;

I_{d0} is the dark current of the photodiode, expressed in A;

I_{eq} is the preamplifier equivalent input noise current density, expressed in $\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$;

I_{bn} is the total noise current within a 1-Hz bandwidth at the optical receiver output, expressed in $\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$;

G is the amplifier gain of the optical receiver (including gain of matching circuit), expressed in true value;

P_r is the input power to the optical receiver, expressed in W;

e is the charge of the electron $1,602 \times 10^{-19}$, expressed in C.

6.6.5 SINR calculation based on RIN value

The signal-to-intermodulation and noise ratio (R_{SIN}) at the V-ONU output can be calculated using Equation (3):

$$R_{\text{SIN}} = 10 \lg \left(\frac{1}{B_{\text{N}}} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot (m_k \cdot R \cdot P_r)^2}{N_{\text{RIN}} \cdot (R \cdot P_r)^2 + 2 \cdot e \cdot (I_{\text{d0}} + R \cdot P_r) + I_{\text{eq}}^2} \right) [\text{dB}] \quad (3)$$

The other parameters for the calculation are listed in Table 6.

6.6.6 Component RIN calculation

The following method can be applied to calculate the component RIN of the optical signal at the input of a V-ONU when 6.6.4 is not applicable. If the input RIN of the first EDFA (the RIN of the optical transmitter) is expressed as $N_{\text{RIN,in}}$, then the output RIN of the n th EDFA, $N_{\text{RIN,out}}$, is given by Equation (4):

$$N_{\text{RIN,out}} = 10 \lg \left(\sum \frac{2 \cdot E \cdot 10^{\frac{N_{\text{FACT},n}}{10}}}{10^{\frac{P_n}{10}}} + 10^{\frac{N_{\text{RIN,in}}}{10}} \right) \quad (4)$$

where

E is the photon energy, $E = hf$;

h is Planck's constant, $6,62 \times 10^{-34}$ [J·s];

f is the frequency, expressed in Hz.

If the optical wavelength is 1 555 nm, then $E = 1,278 \times 10^{-16}$ mJ.

$N_{\text{FACT},n}$ is the noise factor of the n th EDFA, in dB;

P_n is the optical input power of the n th EDFA, in dB(mW).

NOTE The term " $1/G$ " in Equation (12) of IEC TR 60728-6-1:2006 is very small compared to other terms and hence can be neglected.

Also, even though the RIN degradation due to Rayleigh scattering and other reflections within the fibre is small, this cannot be ignored if an optical transmitter with RIN smaller than -160 dB(Hz $^{-1}$) and EDFAs with low NF are used. The following Equation (5) shall be used to calculate the RIN, $N_{\text{RIN,f}}$ due to the fibre transmission:

$$N_{\text{RIN,f}} = 10 \lg \left[\frac{s^2}{4} (2\alpha L - 1 + e^{-2\alpha L}) \cdot \frac{\Delta\nu}{\pi(f_{\text{RF}}^2 + \Delta\nu^2)} \right] \quad (5)$$

where

s is the ratio of scattered optical power that is propagated in the reverse direction,

$$s = \frac{1,5}{(\pi \cdot W \cdot \eta_1 / \lambda)^2};$$

α is the fibre transmission loss. If the transmission loss is α_{dB} (dB/km), then $\alpha = \alpha_{dB} / 4,343$;

L is the transmission distance, expressed in km;

$\Delta\nu$ is the spectral width of the optical signal when modulated, expressed in Hz;

f_{RF} is the measurement frequency, expressed in Hz;

W is the fibre mode field diameter, expressed in μm ;

η_1 is the refractive index of fibre core;

λ is the wavelength, expressed in μm .

The RIN of the optical signal at the input of V-ONU is given by Equation (6).

$$N_{\text{RIN}} = -10 \lg \left[10^{-(N_{\text{RIN,out}}/10)} + 10^{-(N_{\text{RIN,f}}/10)} \right] \quad (6)$$

Based on the RIN value above, the SINR can be calculated with Equation (3).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

Table 6 – Parameters used for the calculation of SINR

Parameter	Remarks		
B_N	ISDB-C ISDB-C2 ISDB-T ISDB-S ISDB-S3	See Table 7	This parameter depends on the transmission signal format. QAM: BW in IEC 60728-1:2014, Table I.1 OFDM: BW in IEC 60728-1:2014, Table I.1
	DVB-C DVB-C2 DVB-T DVB-T2 DVB-S DVB-S2	See Table 7	
K	Number of transmission signals		
M_{total}	Total optical modulation index		These parameters depend on the optical transmitter, transmission signal, etc.
m_k	Optical modulation index of k^{th} signal (modulated RF signals)		
P_r	Received optical power (W)		This parameter depends on the transmission line design.
N_{RIN}	N_{RIN} of the optical signal input to the V-ONU (dB(Hz ⁻¹))		This parameter depends on the optical transmitter, amplifier and transmission line. If the parameter is unknown, the following values can be used to calculate the RIN of optical signal input to the V-ONU. RIN of the optical transmitter for multi-channel transmission is –155 dB(Hz⁻¹). RIN of the optical transmitter for retransmission is –150 dB(Hz⁻¹). NF of the optical amplifier is 6,5 dB RIN due to the optical transmission line is –161 dB(Hz⁻¹).
e	Charge of an electron (1,602 × 10 ⁻¹⁹ C)		Physical constant.
R	Responsivity of the V-ONU (A/W)		Typical values of these parameters are listed in 6.6.7.
I_{d0}	Dark current of the V-ONU (A)		

6.6.7 Example for calculating of SINR

The signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) can be calculated with the following typical parameters:

Parameter	ISDB-C	DVB-C
Noise bandwidth	5,3 MHz	6,96 MHz
Number of signals	$K = 57$ channels	$K = 50$ channels
Total modulation index	0,264	0,264
RIN of optical signal at the input of a V-ONU	–148 dB(Hz ⁻¹)	–148 dB(Hz ⁻¹)
Responsivity of the V-ONU	0,89 A/W	0,9 A/W
Dark current of the V-ONU	0,1 nA	0,1 nA
Equivalent input noise current density of pre-amplifier before V-ONU	7 pA/√Hz	7 pA/√Hz

NOTE The RIN of the optical signal at the input of V-ONU is calculated. The RIN due to the optical transmission line is $-161 \text{ dB(Hz}^{-1})$ when the RIN of the optical transmitter is $-155 \text{ dB(Hz}^{-1})$ and the NF of the optical amplifier is 6,5 (single stage, optical input 0 dB(mW)).

If the optical modulation index of all the signals is assumed to be the same, then the optical modulation index (m_k) per signal is given by Equation (7):

$$m_k = \frac{0,264}{\sqrt{57}} \cong 0,035 \quad (7)$$

If the optical input to the V-ONU is $-9,6 \text{ dB(mW)}$, from Equation (3), the signal-to-intermodulation and noise ratio is calculated to be 40,6 dB.

Table 7 shows the RF signal noise bandwidth of the broadcasting systems.

Table 7 – RF signal noise bandwidth

Broadcast signal			RF signal noise bandwidth MHz
System	Modulation	Sub-carrier	
ISDB-T	OFDM	64-QAM / QPSK	5,572 4
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	—	5,274
	256-QAM	—	5,274
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	5,71
		1 024-QAM	5,71
		4 096-QAM (4/5)	5,71
		4 096-QAM (5/6)	5,71
ISDB-S	QPSK, TC-8PSK:	—	28,86
ISDB-S3	16APSK:	—	33,756 1
DVB-T	COFDM	64-QAM (2/3)	7,61
DVB-T2	COFDM	256-QAM (2/3)	7,61
DVB-C	64-QAM	—	6,96
	256-QAM	—	6,96
DVB-C2	COFDM	256-QAM	7,61
		1 024-QAM	7,61
		4 096-QAM (5/6, 9/10)	7,61
DVB-S	QPSK	— —	27,5
DVB-S2	QPSK, 8PSK 16APSK, 32APSK	Roll-off factor (0,35) Roll-off factor (0,25) Roll-off factor (0,2)	1-45 MS/s
This table presents noise bandwidths for various signal types. The bandwidth refers to one channel (sub-carrier).			

6.7 Optical modulation index

The optical modulation index (OMI) of digital signals shall be measured in accordance with the method described in IEC 60728-6:2011, 4.9. In this document, the powered AGC function in the transmitter shall be off.

6.8 Signal-to-crosstalk ratio (SCR)

6.8.1 General

This method of measurement is applicable when other services (i.e. digital communication signals such as GPON, GEAPON or Ethernet-Point-to-Point) besides CATV broadcast transmission (i.e. 64/256 or higher QAM 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 the broadcast signals are multiplexed with signals of other services on the same fibre through wavelength division multiplexing (WDM) 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).

6.8.2 Equipment required

The following equipment is required for the measurement:

- a running system with implemented CATV broadcast service with other service(s), i.e. telecommunication services;
- a selective voltmeter (or spectrum analyser) covering the frequency range of the CATV broadcast service;
- lengths of fibre for connecting the transmitters, optical WDM filters, an optical amplifier, optical attenuators, an optical polarization state change system and the receivers.

6.8.3 General measurement requirements

The measurement shall be carried out following the steps described in 6.8.4 .

- Unless otherwise required, the reference levels used in the measurements shall be the normal operating levels.
- 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.

6.8.4 Procedure

- Set the supply voltage(s) and any control input signal(s) to the specified value(s).
- Connect the equipment as shown in Figure 12.

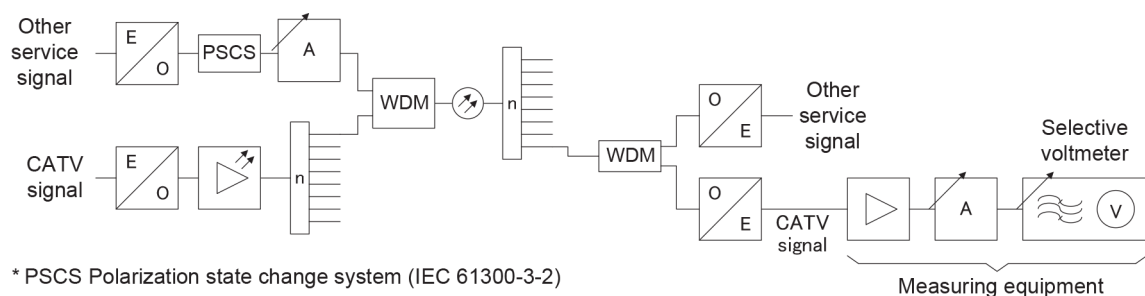


Figure 12 – Test setup for signal to crosstalk measurement

- c) Carry out measurements with the service signals in operation widely and closely spaced over each band of interest.
- d) Carry out measurements over the full specified optical power range at the optical fibre input by adjusting the optical attenuators A.
- e) Carry out measurements over the full specified range of optical transmission distance by applying various fibre lengths; refer to Figure C.6.
- f) 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 the crosstalk intensity.
- g) Connect the variable RF attenuator A and selective voltmeter to the RF output port of the optical receiver for the 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 R_{SC} from other services expected at the point of measurement.
- h) Tune the meter to the other services' crosstalk product to be measured and tune the optical polarization state change system (PSCS) to the other services' crosstalk product to be measured at the maximum level. Reduce the RF attenuator A setting to the value a_2 required to obtain the same meter reading.

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

- i) The R_{SC} from other services, in dB, is given by Equation (8).

$$R_{SC} = a_1 - a_2 \quad (8)$$

where

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

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

6.8.5 Potential sources of error

Sources of error are the following:

- a) the inaccuracy of the selective voltmeter;
- b) the inaccuracy of the variable attenuators.

6.8.6 Presentation of the results

The SCR from other services shall be expressed in dB.

6.9 RF signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) of satellite broadcast signals

6.9.1 General

This measurement method applies to the measurement of the RF signal-to-intermodulation and noise ratio SINR of digitally modulated signals using formats such as 16APSK, TC-8PSK, 8PSK, QPSK.

The modulated signal is similar to the intermodulation and noise signal distributed in the bandwidth of the channel, the measurement is based on the use of a suitable spectrum analyser that is able to tune to the frequency range of the channel and to display the whole bandwidth in order to measure the spectral power densities of both the signal and the noise.

The measurement can be performed at the system outlet, at the output of a piece of distribution equipment (passive or active), at the output of the headend or at the output of an outdoor unit (SHF receiver) for satellite reception.

6.9.2 Measuring setup

The measuring setup is shown in Figure 13. The signal source and RF modulators are chosen in such a way to generate signals with the desired number of signals with the modulation format expected to be used in the actual operation of the system.

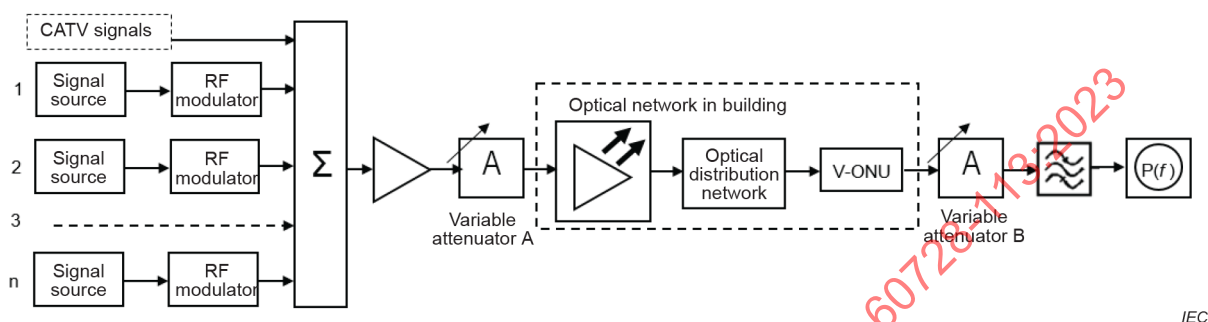


Figure 13 – Setup for the measurement of SINR for satellite broadcast signals

6.9.3 Equipment required

The equipment required is listed below:

- baseband video signal sources;
- RF modulators for appropriate modulation format;
- other CATV video signal (optional);
- RF amplifier with appropriate gain;
- a combiner for the output signals of the modulators with negligible distortion;
- variable attenuators;
- reference optical receiver;
- band pass filter;
- spectrum analyser able to tune to the nominal frequency range of the system.

6.9.4 Measurement procedure

The measurement of the SINR shall be carried out by following the procedures described below.

- All applied channels (channel load and measurement channels) shall have the same output level within a deviation of maximum $\pm 0,5$ dB as measured at the input of the RF amplifier.
- Adjust the input to the RF amplifier to obtain the nominal RF output. The SINR of the signal input to the RF amplifier shall not affect the measurement accuracy.
- Measure the signal power of the measurement signal (choose the measurement bandwidth according to the modulation format, for example 28,86 MHz for TC-8PSK, 33,7561 MHz for 16APSK)
- Turn off the measurement signal and the adjacent signal on either side of the measurement signal and measure the noise power within the measurement bandwidth. When switching off the input signal, the signal operated AGC systems may not function correctly and, in this case, the AGC shall be turned off and manual gain control shall be used during these tests.

The total noise power within the measurement bandwidth shall be measured. For this measurement, appropriate band pass filters shall be used to filter all the signal out of the measurement bandwidth to avoid any signal distortion within the spectrum analyser.

- e) Calculate the signal to intermodulation and noise ratio SINR using the following Equation (9):

$$R_{\text{SIN}} \text{ (dB)} = S_{\text{D, RF}} - N_{\text{IN}} \quad (9)$$

where

R_{SIN} is the signal-to-intermodulation and noise ratio, expressed in dB;

$S_{\text{D, RF}}$ is the signal level expressed in dB(μV), dB(mW) or dB(mW)/Hz;

N_{IN} is the intermodulation and noise level expressed in dB(μV), dB(mW) or dB(mW)/Hz.

- f) Repeat the procedure c) to e) to measure the SINR for other measurement signals.

NOTE 1 For the measurement of satellite signals, a total number of 50 signals (TC-8PSK/16APSK) is preferred.

NOTE 2 Set the measurement conditions on the spectrum analyser as follows:

- frequency span: 50 MHz;
- resolution bandwidth: 300 kHz;
- video bandwidth: 3 MHz;
- detection mode: sample;
- average: 30 times or more;

6.9.5 Presentation of the results

The measured signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) shall be expressed in dB.

6.10 System BER (bit error ratio)

6.10.1 Overview

The purpose of this test method is to measure the bit error ratio (BER) of the digital modulated RF signal at each measurement point.

The measurement of the BER described in this clause is carried out by demodulating the broadcast signal with the digital signal analyser. The BER can also be estimated through an RF measurement of the complementary cumulative distribution function (CCDF) of the noise within a transmission channel. Refer to Annex E for the details of the measurement of the CCDF and BER estimation.

6.10.2 Connection of the equipment

The measuring setup for BER measurement is shown in Figure 14.

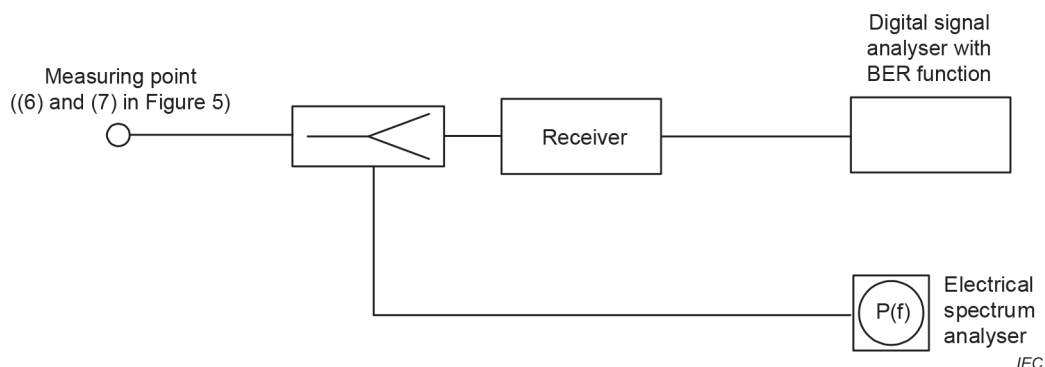


Figure 14 – Test setup for BER measurement

6.10.3 Measurement procedure

The measurement shall be carried out following the procedures described below.

- First, measure the signal level and signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) of the desired signal channel by spectrum analyser.
- Adjust the desired channel on the digital signal tuner or digital signal analyser. The FEC condition should be off.
- Measure BER with a BER measurement instrument or with a digital signal analyser. The BER should be measured several times, and the average value should be calculated and recorded.

6.10.4 Presentation of the results

The measured signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) shall be expressed in dB and BER shall be expressed without a unit.

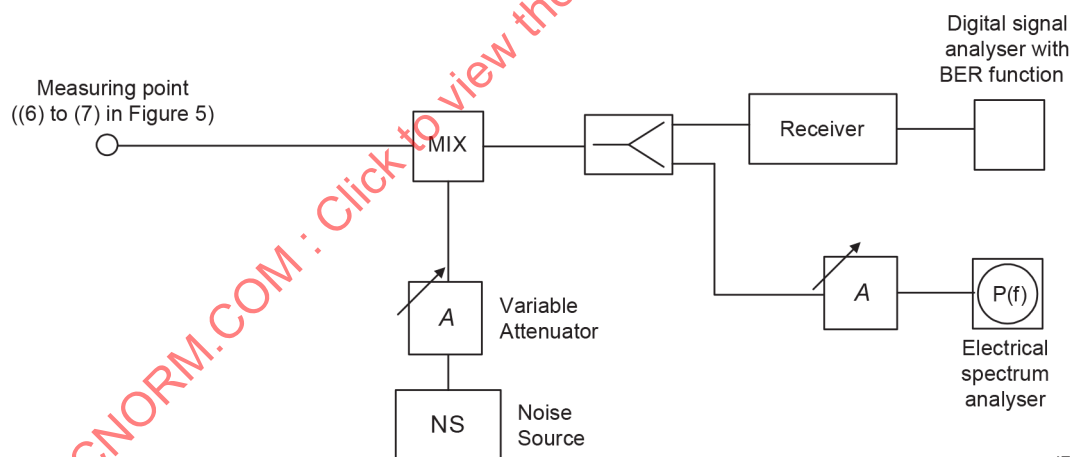
6.11 SINR versus BER measurement

6.11.1 General

The purpose of this test method is to measure relationship between bit error ratio (BER) and signal-to-intermodulation and noise ratio (SINR) of the digital modulated RF signal at each measurement point.

6.11.2 Connection of the equipment

The measuring setup for the BER versus SINR measurement is shown in Figure 15.



IEC

Figure 15 – Test setup for SINR versus BER measurement procedure

The measurement shall be carried out following the procedures described below.

- This measurement can be performed under operating conditions.
- Instruments are connected as shown in the measurement block diagram.
- Measure the signal-to-intermodulation and noise ratio.
Turn off any RS error correction and measure the BER with the digital signal analyser with the BER measurement function or with a BER measurement instrument.
- If the error correction can't be turned off, or when LDPC error correction is used, it will generally take a long time to measure low error conditions like $BER = 10^{-11}$. In this case, the extrapolation method can be applied as described below.

Figure 16 shows the extrapolation method for BER.

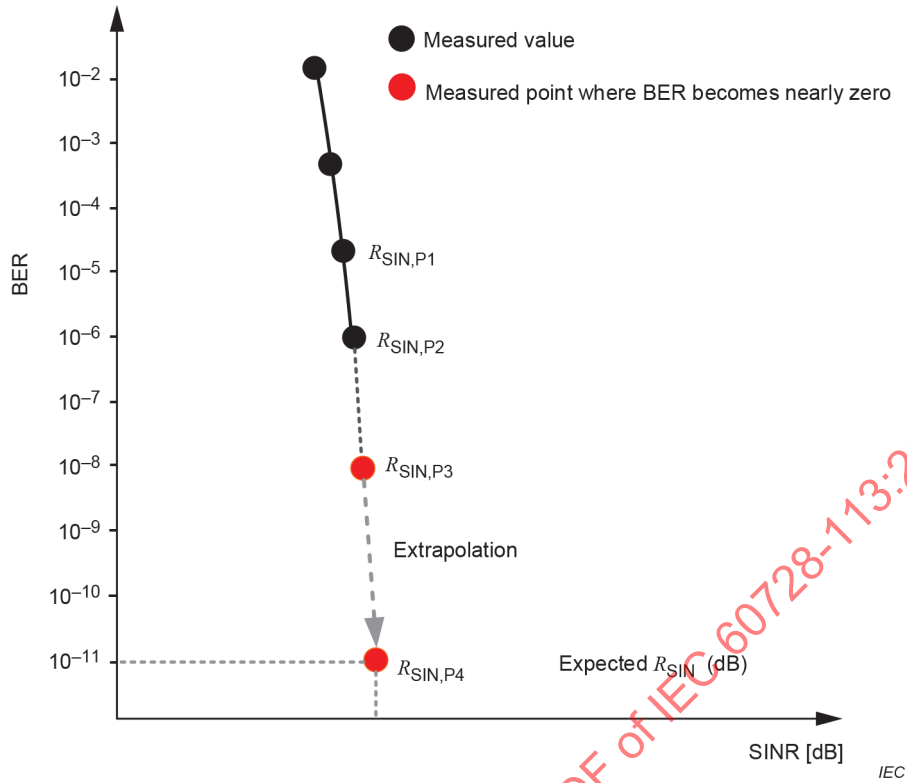


Figure 16 – Extrapolation method of BER measurement

Measure three SINR values for $R_{\text{SIN}, P1}$, $R_{\text{SIN}, P2}$ and $R_{\text{SIN}, P3}$ as shown in Figure 16 and find $R_{\text{SIN}, P4}$ that crosses the line of $\text{BER} = 10^{-11}$ and the slope line between the points of P2 and P3. $R_{\text{SIN}, P4}$ can be calculated with Equation (10). For a more detailed method and obtained results, see Annex B.

$$R_{\text{SIN}, P4} = 2 \cdot \frac{\lg(10^{-11}) - \lg(R_{\text{BER}, P3})}{\frac{\lg(R_{\text{BER}, P2}) - \lg(R_{\text{BER}, P1})}{R_{\text{SIN}, P2} - R_{\text{SIN}, P1}} + \frac{\lg(R_{\text{BER}, P3}) - \lg(R_{\text{BER}, P2})}{R_{\text{SIN}, P3} - R_{\text{SIN}, P2}}} + R_{\text{SIN}, P3} \quad (10)$$

Measure the SINR at the input of the measurement instrument and the BER by changing the value of the attenuator.

6.11.3 Presentation of the results

An example of a measurement of BER versus SINR is shown in Figure 17. The measured signal-to-noise ratio SINR shall be expressed in dB and the BER shall be expressed without a unit.

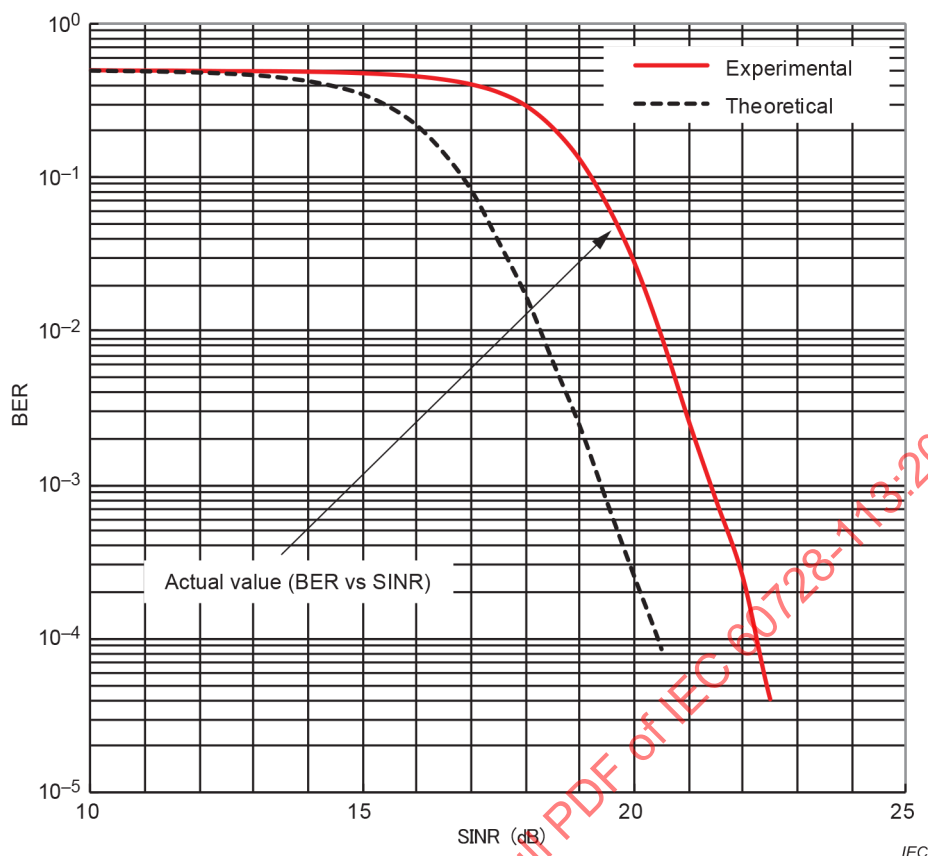


Figure 17 – Example of SINR versus BER characteristics

6.12 System noise margins

6.12.1 General

The purpose of this test method is to measure the difference value (noise margin) between the value of SINR where $BER = 1 \times 10^{-4}$ and the system SINR, in the case of RS error correction. In the case of LDPC error correction, the calculation shall be carried out for $BER = 1 \times 10^{-11}$; in this case, the SINR measurement method should follow the extrapolation method described in 6.11.2. The measurement shall be carried out at measurement points (6) and (7) as shown in Figure 5, where the SINR of the complete system is measured.

6.12.2 Connection of the equipment

The measuring setup for system noise margin measurement is shown in Figure 18.

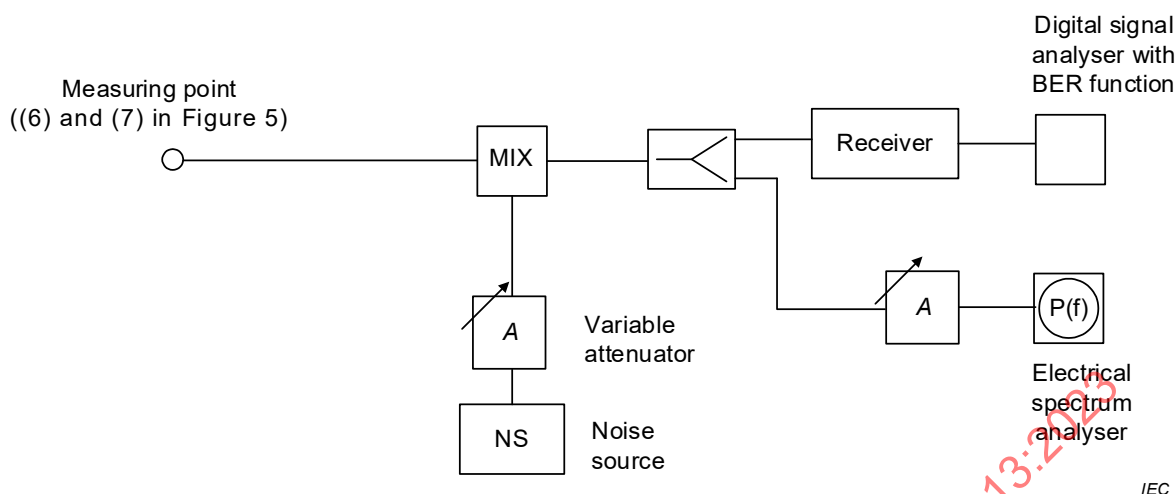


Figure 18 – Test setup for system noise margin measurement

6.12.3 Measurement procedure

The measurement shall be carried out following the procedures described below.

- Prepare the measurement system as shown in Figure 18.
- The spectrum analyser and the digital signal analyser (or digital tuner + BER measurement instrument) are connected at each measurement point.
- Adjust the measurement frequency on the measurement instrument.
- Measure the BER before RS error correction with the digital signal analyser or the digital tuner + BER measurement instrument.
- Measure R_{SIN1} at the measurement frequency.
- Add noise by changing the attenuation level until the BER before RS error correction becomes 1×10^{-4} .
- Measure R_{SIN2} .
- Calculate the noise margin (M_{IN}) using Equation (11):

$$M_{\text{IN}} = R_{\text{SIN1}} - R_{\text{SIN2}} \quad \text{in dB} \quad (11)$$

6.12.4 Presentation of the results

An example of measurement for the system noise margin is shown in Figure 19.

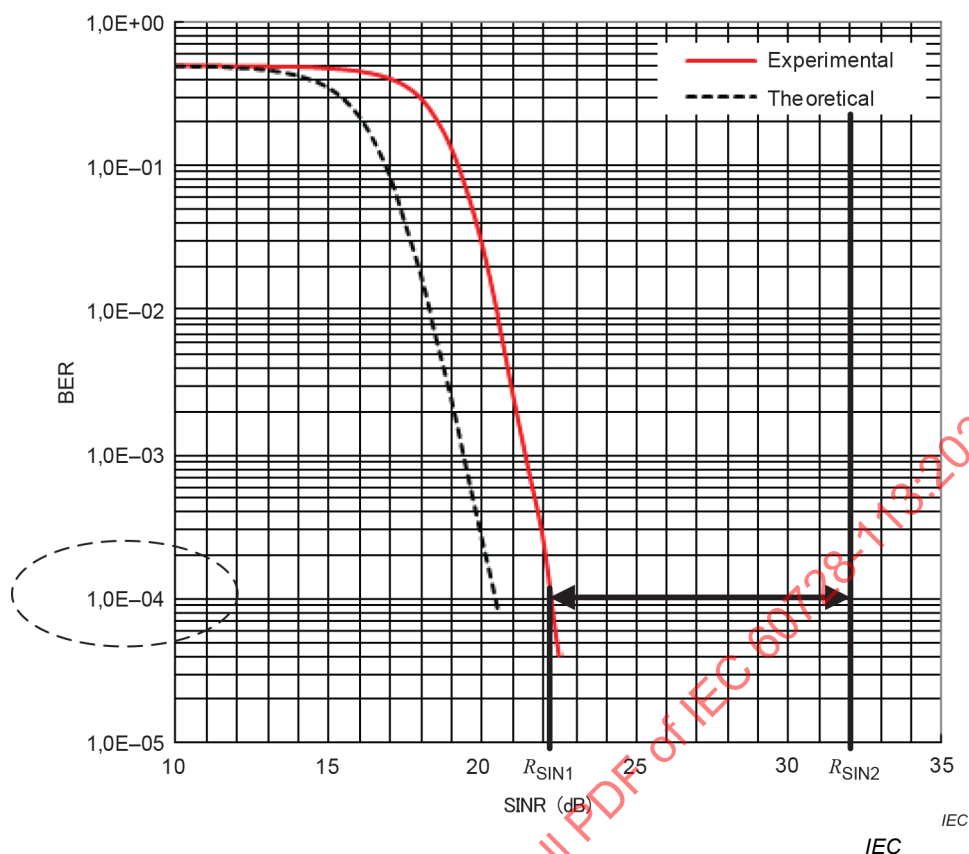


Figure 19 – Example of system noise margin characteristics

6.13 Modulation error ratio (MER)

6.13.1 General

The purpose of this test method is to measure the modulation error ratio (MER) at each measurement point of the FTTH system.

6.13.2 Connection of the equipment

The measuring setup for MER measurement is shown in Figure 20.

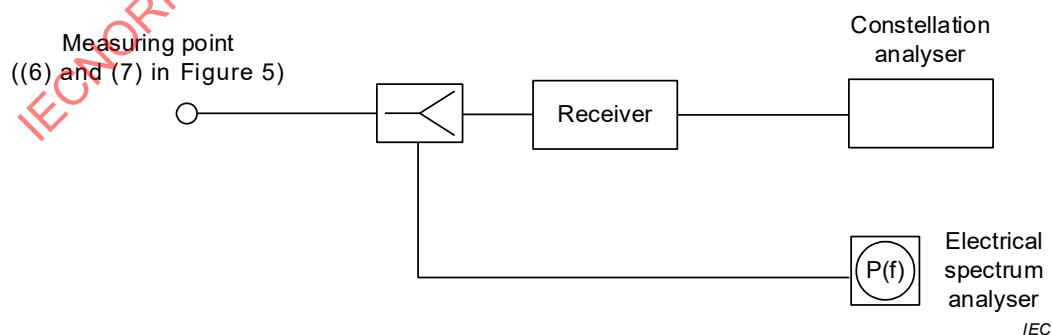


Figure 20 – Test setup for MER measurement

6.13.3 Measurement procedure

The measurement shall be carried out following the procedures described below.

- The digital signal analyser is connected at each measurement point.
- Configure each parameter of the digital signal analyser.
- Adjust the signal frequency and the reference level.
- Adjust mode, guard interval, TMCC parameter if it is necessary.
- Measure the MER.

6.13.4 Presentation of the results

An example of measurement for system noise margin is shown in Figure 21. The measured MER shall be expressed in dB.

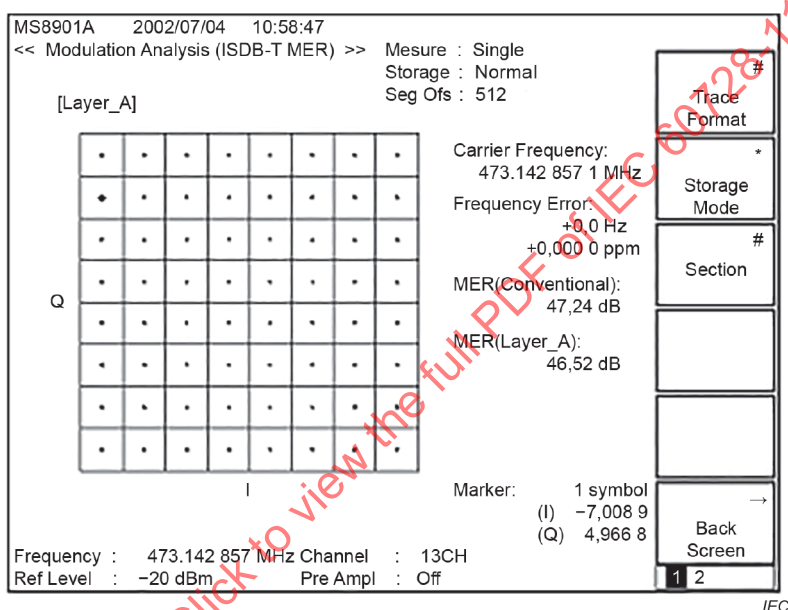


Figure 21 – Example of result of MER measurement (64-QAM modulation format)

6.14 In-band frequency characteristics between optical transmitter and V-ONU

6.14.1 Overview

The purpose of this measurement method is to measure the transmission in-band frequency characteristics between the optical transmitter and the V-ONU.

6.14.2 Measurement setup

A signal generator, with a frequency range greater than the expected range of the in-building network, is connected to the optical transmitter. An electrical spectrum analyser is connected to the V-ONU to measure the amplitude of the V-ONU RF output.

A network analyser may be used instead of the signal generator and the spectrum analyser. A spectrum analyser with a tracking generator can also be used. If longer coaxial cables are used for the measurement, the amplitudes shall be corrected by the frequency response at the individual frequencies.

6.14.3 Measuring method

The measurement shall be carried out by following the procedures described below.

- Connect the equipment as shown in Figure 22.
- Set the supply voltage and any control signals of the transmission equipment to the actual operating conditions.
- Measure the signal output voltage from the V-ONU at all channels in the expected frequency range of the network. The readings shall be corrected using the known frequency response of the signal generator and spectrum analyser connected back-to-back.
- Determine the amplitudes $A_{\max}$ and $A_{\min}$ at the intersections between this line and the frequency range limits $f_{\max}$ and $f_{\min}$ (see Figure 23). The difference $A_{\max} - A_{\min}$ shall be stated as the in-band frequency characteristics between the optical transmitter and V-ONU.

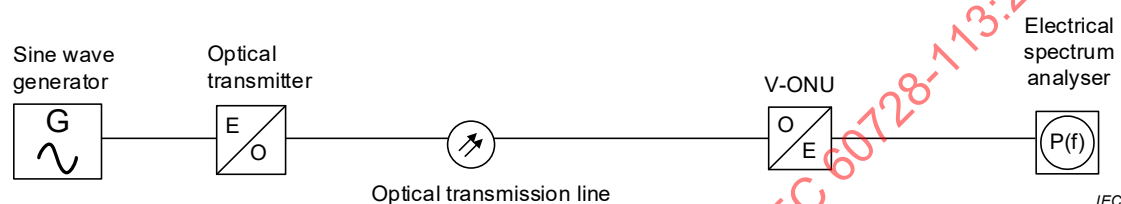


Figure 22 – Setup for the measurement of in-band frequency characteristics

6.14.4 Presentation of the results

The in-band frequency characteristics shall be expressed in dB.

An example of a measurement result of in-band frequency characteristics is shown in Figure 23.

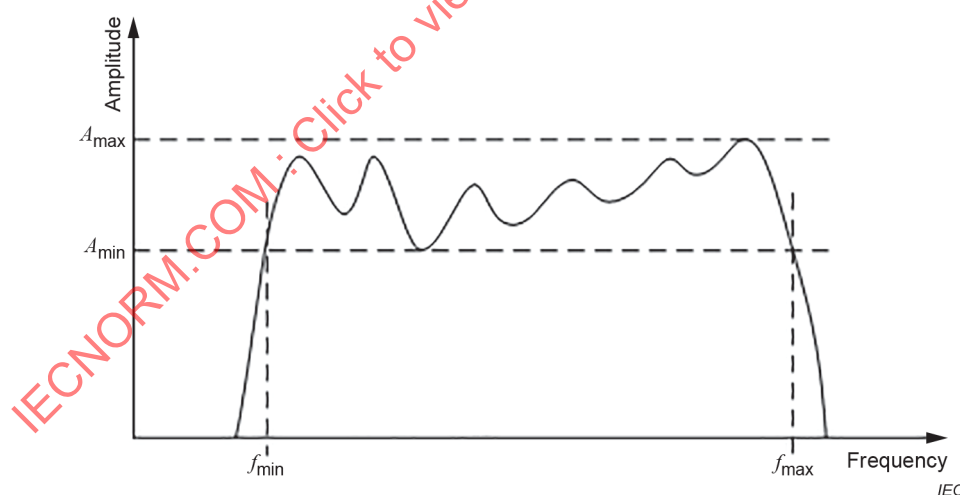


Figure 23 – Measurement example of in-band frequency characteristics

7 Specification of the optical system for broadcast signal transmission

7.1 Digital broadcast system over optical network

For digital broadcast services over optical networks, the modulation methods 64/256-QAM or OFDM with 256, 1 024, and 4 096-QAM are mainly used. Pass-through methods of broadcast satellite (BS) and communication satellite (CS) signals (950 MHz to 3 300 MHz) modulated by 16APSK and xPSK are also used in the FTTH optical system. Figure 24 shows the performance-specified points in this document. It also depicts the measuring points (the same as the performance-specified points) and additional measuring points in order to check the operating performance of the optical system.

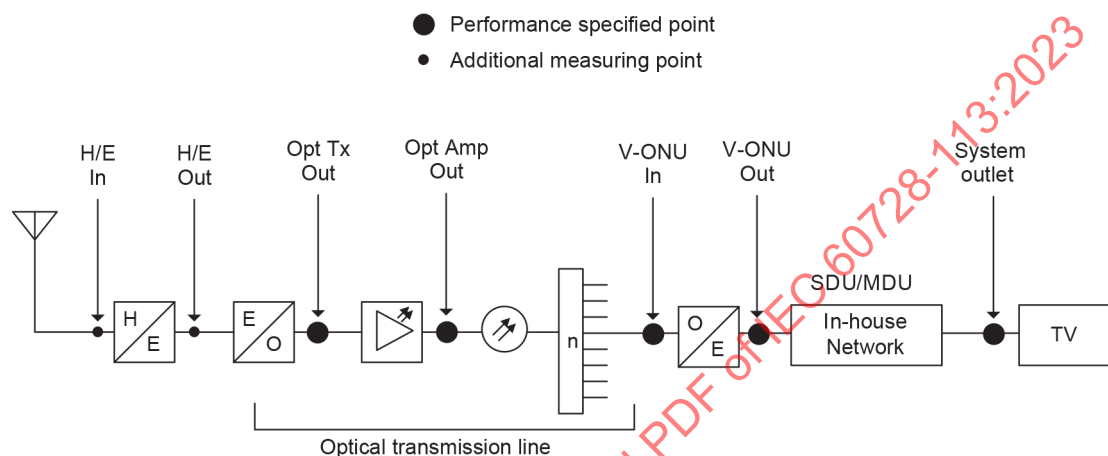


Figure 24 – Performance specified points

7.2 RF signal levels at system outlet

The minimum and maximum RF signal levels will depend on many factors including the performance of typical receivers in use and local installation practices. The maximum levels shall not exceed, and the minimum levels shall not be less than, those shown in Table 8. The measurement methods of 6.5 shall be applied.

Table 8 – Digital signal levels at the system outlet

Broadcast signal			Frequency Range MHz	Minimum level dB(μV)	Maximum level dB(μV)
System	Modulation	Sub-carrier			
ISDB-T	OFDM	64-QAM	47 MHz to 862 MHz	47	81
ISDB-C	64-QAM	–		49	81
(J.83, J.183)	256-QAM	–		55	81
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM		49	81
		1 024-QAM		56	81
		4 096-QAM (4/5)		60	81
		4 096-QAM (5/6)		63	81
ISDB-S	TC-8PSK (2/3)	–	950 MHz to 3 300 MHz	48	81
	QPSK (3/4)	–		48	81
ISDB-S3	16APSK (7/9)	–		48	81
DVB-T	COFDM	64-QAM	VHF/UHF	See "-101 ED1" ^a	See "-101 ED1" ^a
DVB-T2	COFDM	256-QAM			
DVB-C	64-QAM	–			
	256-QAM	–			
DVB-C2	COFDM	256-QAM			
		1 024-QAM			
		4 096-QAM (5/6)			
		4 096-QAM (9/10)			
DVB-S	QPSK	–	1 st IF	47	77
DVB-S2	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK	–		47	77

^a Refer to IEC 60728-101:2016, Table 3 ("Digital signal levels at any system outlet").

7.3 RF signal-to-intermodulation and noise ratio and performance allocation

The minimum SINR at the headend output, V-ONU output and system outlet with section SINR for transmission line and in-house network are indicated in Table 9 and Table 10. Table 9 applies to SDUs, while Table 10 applies to MDUs. The measurement methods of 6.5 shall be applied. For digitally modulated signals, the bit error ratio (BER) shall be used as a specification parameter at the headend input only. Less than 1×10^{-4} is required for digitally modulated broadcast signals before FEC in the case of RS (204, 188). In the case of other FEC methods, less than 1×10^{-11} is required after FEC. As supplementary parameters at the headend input, equivalent noise degradation (END), noise margin (NM), modulation error ratio (MER) and error vector magnitude (EVM) can be used.

Table 9 – Minimum SINR (SDU case)

Broadcast signal			SINR at H/E output	SINR at optical transmission line	SINR at V-ONU output	SINR of in-house network	SINR at system outlet
System	Modulation	Sub-carrier					
			dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-T	OFDM	64-QAM	27	30	25	45	24
ISDB-C	64-QAM	–	35	28	27	45	26
(J.83, J.183)	256-QAM	–	41	34	33	51	32
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	35	28	27	45	26
		1 024-QAM	42	36	35	51	33
		4 096-QAM(4/5)	46	39	38	53	37
		4 096-QAM(5/6)	49	42	41	55	40
ISDB-S	TC-8PSK(2/3)	–	16 ^a	15	12	38	11
	QPSK(3/4)	–	11 ^a	15	9	38	8
ISDB-S3	16APSK(7/9)	–	21 ^a	15	14	38	13 ^a
DVB-T	COFDM	64-QAM	27	–	25	–	24
DVB-T2	COFDM	256-QAM	33	–	31	–	30
DVB-C	64-QAM	–	36	–	29	–	28
	256-QAM	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	COFDM	256-QAM	35	–	29	–	28
		1 024-QAM	42	–	35	–	34
		4 096-QAM(5/6)	46	–	38	–	37
		4 096-QAM(9/10)	49	–	41	–	40
DVB-S	QPSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
DVB-S2	8PSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
	16APSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2

NOTE 1 Refer to IEC 60728-101:2016, Table 17 for the *S/N* at the H/E input for different code rates.

NOTE 2 Refer to IEC 60728-101:2016, Table 9 for the *S/N* at the system outlet for different code rates.

^a It shows the subtraction of "corresponding SINR degradation due to rain attenuation of 99 % in time at the worst month" from "SINR of the headend input signal". Refer to Annex G for details of the relation between SINR degradation and rain attenuation.

Table 10 – Minimum SINR (MDU case)

Broadcast signal			SINR at H/E output dB	SINR at opt. transmission line dB	SINR at V-ONU output dB	SINR of in-house network dB	SINR at system outlet dB
System	Modulation	Sub-carrier					
ISDB-T	OFDM	64-QAM	27	30	25	33	24
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	–	35	28	27	33	26
	256-QAM	–	41	34	33	39	32
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	35	28	27	33	26
		1 024-QAM	42	36	35	39	33
		4 096-QAM (4/5)	46	42	40	41	37
		4 096-QAM (5/6)	49	46	44	43	40
ISDB-S	TC-8PSK (2/3)	–	16 ^a	15	12	24	11
ISDB-S3	QPSK (3/4)	–	11 ^a	15	9	24	8
	16APSK (7/9)	–	21 ^a	15	14	24	13 ^a
DVB-T	COFDM	64-QAM	27	–	25	–	24
DVB-T2	COFDM	256-QAM	33	–	31	–	30
DVB-C	64-QAM	–	36	–	29	–	28
	256-QAM	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	COFDM	256-QAM	35	–	29	–	28
		1 024-QAM	42	–	35	–	34
		4 096-QAM (5/6)	46	–	38	–	37
		4 096-QAM (9/10)	49	–	41	–	40
DVB-S	QPSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
DVB-S2	8PSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
	16APSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
An appropriate optical level at the V-ONU input shall be chosen in the system design for MDU and SDU systems in the in-house network. All the values indicate the minimum requirements. NOTE 1 Refer to IEC 60728-101:2016, Table 17 for the SINR at the H/E input for different code rates. NOTE 2 Refer to IEC 60728-101:2016, Table 9 for the SINR at the system outlet for different code rates. ^a It shows the subtraction of "corresponding SINR degradation due to rain attenuation of 99 % in time at the worst month" from "S/NR of the headend input signal". Refer to Annex G for details of the relation between SINR degradation and rain attenuation.							

Table 11 shows minimum RF signal-to-intermodulation and noise ratio requirement in operation for broadcast systems that are applicable to this document.

Table 11 – Minimum RF SINR requirements in operation

System	Modulation	Code rate	Minimum RF SINR at headend input				Minimum RF SINR at system outlet			
			dB				dB			
DVB-S	QPSK	1/2	8,6				6,6			
		2/3	10,5				8,5			
		3/4	11,6				9,6			
		5/6	12,6				10,6			
		7/8	13,3				11,3			
DVB-S2	QPSK 8PSK 16APSK 32APSK ^b	–	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK
		1/4	3,7	–	–	–	1,7	–	–	–
		1/3	4,8	–	–	–	2,8	–	–	–
		2/5	5,7	–	–	–	3,7	–	–	–
		1/2	7,0	–	–	–	5,0	–	–	–
		3/5	8,3	11,5	–	–	6,3	9,5	–	–
		2/3	9,1	12,6	15,0	–	7,1	10,6	13,0	–
		3/4	10,0	13,9	16,2	18,8	8,0	11,9	14,2	16,8
		4/5	10,7	–	17,1	19,7	8,7	–	15,1	17,7
		5/6	11,2	15,4	17,6	20,3	9,2	13,4	15,6	18,3
		8/9	12,2	16,7	18,9	21,7	10,2	14,7	16,9	19,7
		9/10	12,4	17,0	19,2	22,1	10,4	15,0	17,2	20,1
DVB-C	16-QAM		25,9				19 ^a			
	64-QAM		31,9				25 ^a			
	256-QAM		37,9				31 ^a			
DVB-C2	16-QAM	4/5	–				13			
		9/10	–				15			
	64-QAM	2/3	–				16			
		4/5	–				18			
		9/10	–				21			
	256-QAM	3/4	–				22			
		5/6	–				24			
		9/10	–				27			
	1 024-QAM	3/4	–				28			
		5/6	–				31			
		9/10	–				33			
DVB-T COFDM	QPSK ^b	5/6	–				40			
		9/10	–				42			
		1/2	2K mode and 8K mode				2K mode		8K mode	
			6,1				4,9		5,1	
		2/3	8,2				7,2		7,4	
		3/4	9,3				8,5		8,6	
	16-QAM ^b	5/6	10,5				9,9		10,0	
		7/8	11,3				10,9		11,0	
		1/2	2K mode and 8K mode				2K mode		8K mode	
			12,2				11,0		11,2	
		2/3	14,2				13,2		13,4	
		3/4	15,6				14,7		14,9	
	64-QAM ^b	5/6	17,1				16,4		16,6	
		7/8	17,7				17,3		17,3	
		1/2	2K mode and 8K mode				2K mode		8K mode	
			17,4				16,1		16,3	
		2/3	20,0				19,0		19,2	
		3/4	21,6				20,7		20,9	
		5/6	23,3				22,5		22,6	
		7/8	24,5				23,8		23,9	

System	Modulation	Code rate	Minimum RF SINR at headend input	Minimum RF SINR at system outlet	
			dB	dB	
DVB-T2 COFDM	QPSK		LDPC b. l.: 64 800 bits ^c	LDPC b. l.: 16 200 bits	LDPC b. l.: 64 800 bits
		1/2	5,2	4,2	4,4
		3/5	6,5	5,5	5,7
		2/3	7,4	6,4	6,6
		3/4	8,4	7,4	7,6
		4/5	9,1	8,1	8,3
		5/6	9,6	8,6	8,8
	16-QAM		LDPC b. l.: 64 800 bits ^c	LDPC b. l.: 16 200 bits	LDPC b. l.: 64 800 bits
		1/2	10,2	9,2	9,4
		3/5	11,8	10,8	11,0
		2/3	13,1	12,1	12,3
		3/4	14,4	13,4	13,6
		4/5	15,2	14,2	14,4
		5/6	15,8	14,8	15,0
	64-QAM		LDPC b. l.: 64 800 bits ^c	LDPC b. l.: 16 200 bits	LDPC b. l.: 64 800 bits
		1/2	14,2	13,2	13,4
		3/5	16,3	15,3	15,5
		2/3	17,8	16,8	17,0
		3/4	19,4	18,4	18,6
		4/5	20,6	19,6	19,8
		5/6	21,2	20,2	20,4
	256-QAM		LDPC b. l.: 64 800 bits ^c	LDPC b. l.: 16 200 bits	LDPC b. l.: 64 800 bits
		1/2	17,6	16,6	16,8
		3/5	20,3	19,3	19,5
		2/3	22,1	21,1	21,3
		3/4	24,3	23,3	23,5
		4/5	25,7	24,7	24,9
		5/6	26,4	25,4	25,6
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM		35	26	
	256-QAM		41	32	
ISDB-T (OFDM)	64-QAM	3/4	(27) ^d	24	
ISDB-C2 (J.382) (OFDM)	256-QAM ^c	3/4			
		5/6	35	26	
		9/10			
	1 024-QAM ^c	3/4			
		5/6	42	33	
	4 096-QAM ^c	4/5	46	37	
	4 096-QAM ^c	5/6	49	40	
ISDB-S	TC-8PSK	2/3	16	11	
ISDB-S3	QPSK	3/4	11	8	
	16APSK	7/9	21	13	

^a The above values take simultaneous distribution of digital signals into account. These values assume that intermodulation noise is not present or can be neglected and a BER of 10^{-4} , before the Reed-Solomon decoder, is achieved. For CATV networks, intermodulation shall be considered in the time domain as clipping noise and a margin of 6 dB should be added even if the signal is regenerated in the headend.

^b These values take white noise and impulse noise into account.

^c These values are calculated in accordance with ETSI TS 102 991, Table 4 and ETSI TS 102 991, Table 18 and are intended for PER of 10^{-7} after LDPC and BCH decoders.

^d Every value is defined in BER 1×10^{-4} before Reed-Solomon decoder, not SINR.

7.4 Relationship between RIN and SINR

7.4.1 Type of broadcast services

The CATV broadcast service within the scope of this document can be classified into three types:

- metropolitan type CATV;
- municipal type CATV;
- poor signal reception type CATV.

The broadcast channels can be transmitted using either a single or dual (WDM) wavelengths.

Table 12 shows the types of broadcast services with the typical number of signals. Annex A should be referred for the combination of digital signals and satellite signals in actual system design.

The metropolitan type multi-channel service system, for longer transmission distance and larger number of subscribers, uses a transmitter with external intensity modulation method for the transmission of digital signals and satellite signals. In the multi-channel service with SAT-IF supplementary service, the SAT-IF channels are transmitted using the direct intensity modulation method.

The re-transmission service system is a small-sized receiving facility with poor reception of broadcast TV programs, nine digital signals and SAT-IF service are assumed for the re-transmission service. Most of the re-transmission service systems do not require an EDFA, or require one EDFA only, and the optical system uses the direct intensity modulation method in general.

Table 12 – Types of broadcast services

Type of service	Number of wavelengths		Number of signals	System	Channel modulation	Sub-carrier modulation	Remark
Metropolitan type CATV	1		80 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signals with frequency less than 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- to 256-QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64-QAM 256-QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	256- to 4 096-QAM	
			24 signals	ISDB-S	xPSK	—	Signals with frequency higher than 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
	2	λ_1	80 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signals with frequency less than 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- to 256-QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64-QAM 256-QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	256- to 4 096-QAM	
		λ_2	24 signals	ISDB-S	xPSK	—	Signals with frequency higher than 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	

Type of service	Number of wavelengths		Number of signals	System	Channel modulation	Sub-carrier modulation	Remark
Municipal type CATV	1		11 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signals with frequency less than 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- to 256-QAM	
			48 signals	ISDB-S	xPSK	—	Signals with frequency higher than 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
	2	λ_1	11 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signals with frequency less than 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- to 256-QAM	
		λ_2	48 signals	ISDB-S	xPSK	—	Signals with frequency higher than 1GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
Poor signal reception type CATV	1		9 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signals with frequency less than 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- to 256-QAM	
			24 signals	ISDB-S	xPSK	—	Signals with frequency higher than 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
	2	λ_1	9 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signals with frequency less than 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- to 256-QAM	
		λ_2	24 signals	ISDB-S	xPSK	—	Signals with frequency higher than 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	

7.4.2 Types of broadcast services and relative signal level

Table 13 shows the types of broadcast services and recommended relative signal level. For the combination of digital signals in actual system design, Annex A should be taken into account.

The optical sub-carrier modulation index depends on the number of sub-carriers and its relative carrier level. In Europe, various kinds of channel allocations with different system/modulation constellations (different modulations selected, different number of carriers per modulation selected) are used. For a given channel allocation, the optical sub-carrier modulation index (m_k) can be calculated using Equation (12), which depends on the total numbers n_i of each sub-carrier type $i = 1, 2, \dots, N$ and the relative carrier level (l_i) of each sub-carrier type:

$$m_k = \frac{M_{\text{total}} \cdot 10^{l_k/20}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N n_i \cdot 10^{l_i/10}}} \quad (12)$$

Table 13 – Types of broadcast services and relative signal level

Broadcast signal			(Recommended) relative signal level / dB
System	Channel modulation	Sub-carrier modulation	
DVB-T	COFDM	64-QAM (2/3)	−10
ISDB-T	OFDM	64-QAM (2/3)	−6
ISDB-S	xPSK	—	−10
ISDB-S3	16APSK	—	−10
DVB-T2	COFDM	256-QAM (2/3)	−5
DVB-C / ISDB-C	64-QAM	—	−6
	256-QAM	—	0
DVB-C2	COFDM	256-QAM	−6
		1 024-QAM	0
		4 096-QAM (4/5)	+3
		4 096-QAM (9/10)	+6
ISDB-C2	OFDM	256-QAM	−6
		1 024-QAM	0
		4 096-QAM (4/5)	+2
		4 096-QAM (5/6)	+4
Transmission bandwidth: 47 MHz to 862 MHz (in the case of a European system)			

7.4.3 RIN performance requirements

The performance of the transmission system can be expressed by the relative intensity noise (RIN) of the optical signal at the V-ONU input, and by the SINR of the electrical signal at the V-ONU output. The term "V-ONU" is used as the synonym of optical receiver (O/E) device in this document, and in the case of services employing two wavelengths, the multiplexed signal is assumed to be received by a single V-ONU. Details on RIN measurement are described in Annex D. RIN values required for the two service types are shown in Table 14. The intensity modulation method is used for all service types.

Table 14 – Minimum operational RIN values for digital broadcast services using the frequency band below 1 000 MHz

Type of service	Minimum V-ONU input level dB(mW)	Minimum system RIN value dB(Hz ⁻¹)	Corresponding SINR value dB
Multi-channel service	–12	–146	28
Re-transmission service	–5	–134	44
	–8	–134	44
	–10	–136	44

Table 15 is applied only to the broadcasting satellite signal band using digital modulation (16APSK, TC-8PSK and QPSK). The RIN value is calculated based on the necessary SINR for the transmission of enhanced broadcasting signals (broadcast satellite digital signals). The overall system SINR shall be allocated based on the digital signals in which the more stringent condition is required.

Table 15 – Type of service and minimum operational RIN values for satellite services

Type of service	Number of wavelengths	OMI %	V-ONU minimum input level dB(mW)	System RIN minimum value dB(Hz ⁻¹)	Corresponding SINR value ^a dB
Metropolitan type CATV (type a)	1	1,5	-8	-128 -129	13 (SDU) 14 (MDU)
	2	—	-8 (λ_1) ^b	-128 ^c	13 (SDU)
		6,1	-14 (λ_2) ^b	-129 ^c	14 (MDU)
Municipal type CATV (type b)	1	3,0	-8	-127 -128	18 (SDU) 19 (MDU)
	2	—	-8 (λ_1) ^b	-138 ^c	18 (SDU)
		4,3	-14 (λ_2) ^b	-139 ^c	19 (MDU)
Poor signal reception type CATV (type c)	1	4,7	-12	-118 -119	13 (SDU) 14 (MDU)
	2	—	-12 (λ_1) ^b	-118 ^c	13 (SDU)
		6,1	-12 (λ_2) ^b	-119 ^c	14 (MDU)

^a The SINR value is calculated for a TC-8PSK system (for service type a, c) or for a 16APSK(Code Rate 7/9) system (for service type b)

^b λ_1 : wavelength of the 47 MHz to 862 MHz transmission band, λ_2 : wavelength of the 950 MHz to 3 300 MHz transmission band (for service type a, c) or 950 MHz to 3 300 MHz (for service type b).

^c Total RIN value for a two-wavelength system

Multiple optical reflections over the transmission line can degrade the RIN values. In order to minimize this degradation, the use of grade 2 connectors in accordance with IEC 61755-1 or APC optical connectors is recommended.

As a general approach, it is recommended to equalize the noise contribution of the optical receiver on the one side and noise contribution caused by the headend, optical transmitter and optical fibre effects on the other side. Both noise effects together shall result in the minimum $R_{\text{SIN,min}}$ given by Table 9 and Table 10.

$$R_{\text{SIN,V-ONU},k} \geq R_{\text{SIN,min},k} + 3 \text{ dB} \quad (13)$$

$$10 \cdot \lg \left(\frac{(m_k)^2}{2 \cdot N_{\text{RIN,V-ONU-in},k} \cdot B_N} \right) \geq R_{\text{SIN,min},k} + 3 \text{ dB} \quad (14)$$

Using Equations (13) and (14), RIN at the V-ONU optical receiver input can be calculated as shown in Equation (15).

$$N_{\text{RIN,V-ONU-in},k} \leq 10 \cdot \lg \left(\frac{(m_k)^2}{4 \cdot B_N} \right) - R_{\text{SIN,min},k} \quad (15)$$

The requirement for the V-ONU noise results from Equation (16). The equation contains both the optical input power and the optical receiver's characteristic. With known characteristics and required minimum $R_{\text{SIN,min}}$ of Table 8 and Table 9, Equation (16) can be solved for the minimum required optical input power P_r .

$$R_{\text{SIN, V-ONU, } k} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{B_N} \cdot \frac{(m_k \cdot R \cdot P_r)^2}{2 \cdot e \cdot (I_{\text{do}} + R \cdot P_r) + I_{\text{eq}}^2} \right) \geq R_{\text{SIN,min, } k} + 3 \text{ dB} \quad (16)$$

where

m_k is the modulation index of the k -th RF signal;

R is the optical-electrical conversion efficiency of an optical receiver device, expressed in A/W;

P_r is the optical input power, expressed in W;

B_N is the noise bandwidth (64-QAM, 256-QAM: $5,3 \times 10^6$ Hz);

e is the charge of an electron ($1,602 \times 10^{-19}$ C);

I_{do} is the dark current of the optical receiver device, expressed in A;

I_{eq} is the equivalent input noise current density of an optical receiver, expressed in A/ $\sqrt{\text{Hz}}$.

7.5 Optical wavelength

Table 16 shows the performance of optical wavelength and power for the FTTH system defined by this document.

Table 16 – Performance of optical wavelength and power

Optical wavelength		In accordance with ITU-T Recommendation G.983.3, a wavelength within the range of $1\,555 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ is recommended for the combination of a broadcast and a telecommunication system over a single fibre. For DWDM systems, wavelengths in accordance with the grid defined in ITU-T Recommendation G.692 shall be used. In CWDM systems, ITU-T Recommendation G.694.2 shall be taken into account.
Optical power	Optical transmission power V-ONU input power	When the FTTH system operates with two wavelengths, the optical power of the first wavelength is specified in Table 2, and the second wavelength shall be set to -6 dB of the first wavelength.
Interval of wavelengths (two-wavelength system)		The wavelengths should be selected in accordance with ITU-T G.694.1 for DWDM cases and ITU-T G.694.2 for CWDM cases (see Annex B). If other wavelengths are chosen, at least $0,3 \text{ nm}$ wavelength separation shall be kept in any case to avoid interference to broadcast signals.
NOTE 1 Considering the availability of EDFA and appropriate allocation of wavelength, the wavelength range of $1\,530 \text{ nm}$ to $1\,625 \text{ nm}$ (edge of C-band and L-band of ITU-T Recommendation G.694.2) can be used for actual and economical video transmission. NOTE 2 Avoiding the influence on the first wavelength from the second one, the level of the second wavelength is sufficiently less than the first one. This means -6 dB level difference when the OMI of the second signal is quadrupled. Refer to C.2.3.		

7.6 Frequency of source signal

The frequency range of source signals considered here is 47 MHz to 862 MHz for multichannel digital broadcast, and 950 MHz to 3 300 MHz for pass-through broadcast of satellite digital signals. However, regional frequency plans can be used for the operating frequency range of the optical system.

7.7 Level difference between adjacent channels

The difference in level between adjacent channels (of equal channel bandwidth) shall be less than 10 dB.

The permissive signal level difference between adjacent channels shall be kept as shown in Figure 25 (ISDB-T, ISDB-C and ISDB-C2).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

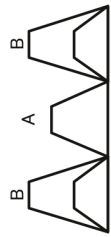
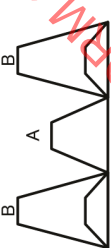
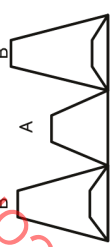
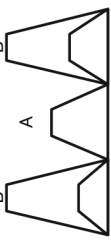
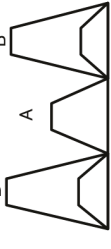
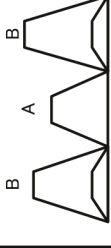
B		64 QAM (Average) dB	256 QAM (Average) dB	OFDM (Average) dB	256 QAM(OFDM) (Average) dB	1 024 QAM(OFDM) (Average) dB	4 096 QAM(OFDM 4/5) (Average) dB	4 096 QAM(OFDM 5/6) (Average) dB
A	Adjacent to 64 QAM signal	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	Upper: –20 to +18 Lower: –19 to +14 (*3)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–16 to +16 (*2)	–16 to +16 (*2)
	Adjacent to 256 QAM signal	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	Upper: –8 to +19 Lower: –12 to +20 (*4)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)
	Adjacent to OFDM signal	Upper: –14 to +19 Lower: –12 to +20 (*5)	Upper: –20 to +12 Lower: –19 to +8 (*6)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–16 to +16 (*2)	–16 to +16 (*2)
	Adjacent to 256 QAM(OFDM) signal	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–16 to +16 (*2)	–16 to +16 (*2)
	Adjacent to 1 024 QAM(OFDM) signal	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)
	Adjacent to 4 096 QAM (OFDM, 4/5) signal	–16 to +16 (*2)	–10 to +10 (*1)	–16 to +16 (*2)	–16 to +16 (*2)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)
	Adjacent to 4 096 QAM (OFDM, 5/6) signal	–16 to +16 (*2)	–10 to +10 (*1)	–16 to +16 (*2)	–16 to +16 (*2)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)	–10 to +10 (*1)
*1		*2	*3	*4	*5	*6		
–10 to +10		–16 to +16	Upper: –20 to +18 Lower: –19 to +14	Upper: –8 to +19 Lower: –12 to +20	Upper: –14 to +19 Lower: –12 to +20	Upper: –20 to +12 Lower: –19 to +8		
								

Figure 25 – Permissible signal level of adjacent channels (ISDB-T, ISDB-C and ISDB-C2)

7.8 BER at headend input

The BER at the headend inputs shall not exceed the following values:

- COFDM signals (LDPC decoding): $\text{BER} < 1 \times 10^{-4}$
- (Single) QAM signals (block decoding): $\text{BER} < 1 \times 10^{-10}$
- ISDB-S (QPSK, TC-8PSK signals): $\text{BER} < 1 \times 10^{-8}$

7.9 MER

The MER shall be measured averaged for at least 1 000 symbols. In the case of COFDM, the average MER over all data sub-carriers shall be measured.

The MER is recommended to be at least 2 dB better than the specified SINR.

Table 17 shows the minimum MER signal performance for FTTH systems.

NOTE This performance recommendation is for information only.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

Table 17 – Minimum MER Performance ^a for FTTH systems

System	Modulation	Minimum MER
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	26 dB
	256-QAM	32 dB
ISDB-C2 (J.382)	256-QAM (9/10)	26 dB
	1 024-QAM (9/10)	33 dB
	4 096-QAM (4/5)	37 dB
	4 096-QAM (5/6)	40 dB
ISDB-S	QPSK (3/4)	8 dB
	TC-8PSK (2/3)	11 dB
ISDB-S3	16 PSK (7/9)	13 dB
ISDB-T	QPSK (2/3)	14 dB
	64-QAM (3/4)	24 dB
DVB-C	64-QAM	26 dB
	256-QAM	32 dB
DVB-S	QPSK (1/2)	5 dB
	QPSK (2/3)	7 dB
	QPSK (3/4)	8 dB
	QPSK (5/6)	9 dB
	QPSK (7/8)	10 dB
DVB-S2	QPSK (9/10)	9 dB
	8PSK (9/10)	13,5 dB
	16APSK (9/10)	16 dB
	32APSK (9/10)	19 dB
DVB-T ^b	QPSK (3/4)	14 dB
	16-QAM (3/4)	20 dB
	64-QAM (3/4)	26 dB
DVB-T2 ^b	QPSK (3/4)	9 dB
	16-QAM (3/4)	15 dB
	64-QAM (3/4)	21 dB
	256-QAM (3/4)	26 dB
^a This table shall be applied for system outlet of all FTTH types. MER data considers a signal quality margin until the beginning point of error degradation that can be known by BER measurement.		
^b MER requirement considers a terrestrial feeding network modelled by Gaussian, Ricean or Rayleigh channel as described in ETSI standards for DVB-T/T2.		

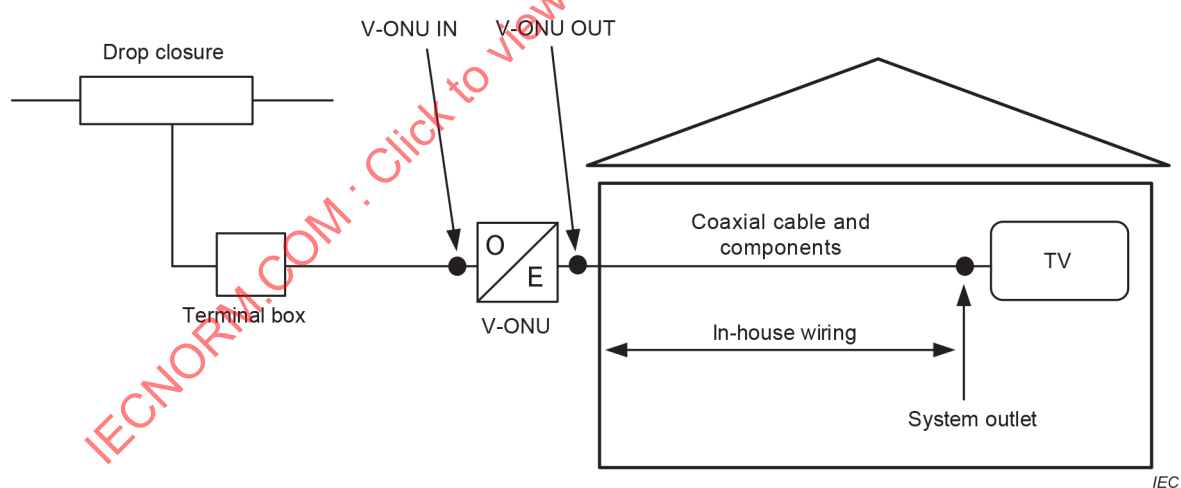
7.10 SINR specification for in-house and in-building wirings

The SINR can be specified at the output of a V-ONU instead of the system outlet if the performance of the in-house/in-building wiring section is maintained properly. Based on current installation methods, the SINR for the in-house/in-building wiring section is specified in Table 18. The SINR allocation for single dwelling units (SDU) and multiple dwelling unit (MDU) are shown in Figure 26, Figure 27 (specified by electrical signal) and Figure 28 (specified by optical signal).

Table 18– Section SINR for in-house/in-building wiring

Category of house	Method of distribution	Minimum SINR for in-house (SDU) / in-building (MDU) wiring							
		ISDB-T (OFDM)	ISDB-C		ISDB-C2				ISDB-S/S3
			64-QAM	256-QAM	OFDM (256-QAM)	OFDM (1 024-QAM)	OFDM (4 096-QAM, 4/5)	OFDM (4 096-QAM, 5/6)	xPSK 16APSK
Single Dwelling Unit (SDU)	O/E conversion at entrance or inside of SDU, coaxial cable distribution to TV set	45 dB	45 dB	51 dB	45 dB	51 dB	53 dB	55 dB	38 dB
Multiple Dwelling Unit (MDU)	O/E conversion at MDU entrance, coaxial cable distribution to TV set (Figure 27)	33 dB	33 dB	39 dB	33 dB	39 dB	41 dB	43 dB	24 dB
	O/E conversion at each home entrance, coaxial cable distribution to TV set (Figure 28)	33 dB	33 dB	39 dB	33 dB	39 dB	41 dB	43 dB	24 dB

The section SINR is not a requirement for the IEC 60728-1 home-network interface, but a practical specification for the RF amplifier that is built into the optical receiver of the RF wavelength of the PON.

**Figure 26 – Section SINR for SDU wiring (specified by electrical signal)**

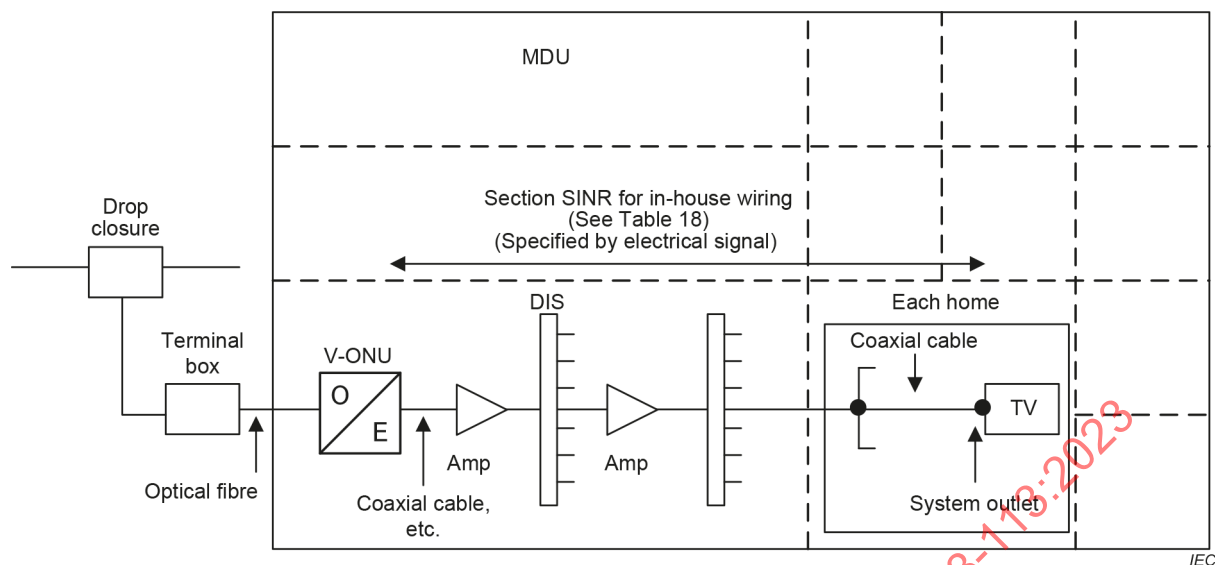


Figure 27 – Section SINR for MDU wiring (specified by electrical signal)

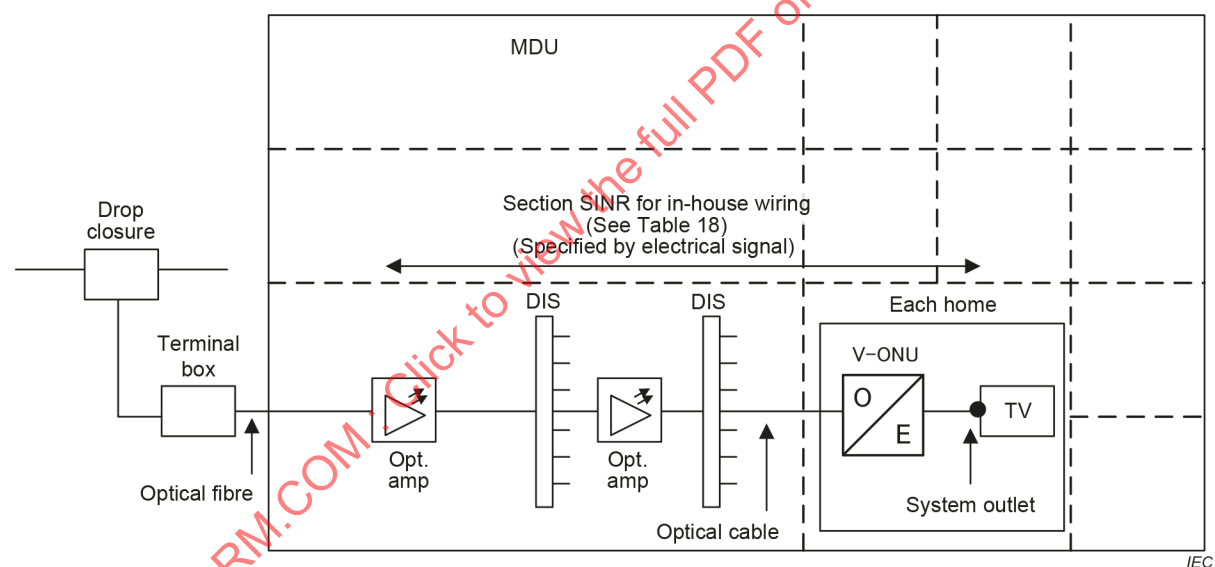


Figure 28 – Section SINR for MDU wiring (specified by optical signal)

7.11 In-band frequency characteristics

In-band frequency characteristics between the optical transmitter and the V-ONU is described in Table 19.

Table 19 – In-band frequency characteristics specification

Measurement point	In-band frequency characteristics
In-house/in-building network V-ONU output	47 MHz to 862 MHz: ± 2 dB 950 MHz to 3 300 MHz: ± 4 dB

7.12 Electrical signal interference

Table 20 presents limits for several in-channel electrical signal interference types.

Table 20 – Limits for in-channel electrical signal interference

Broadcast signal			Multi frequency interference	Single frequency interference	Signal reflection
System	Channel modulation	Sub-carrier modulation			
ISDB-T	OFDM	64-QAM (2/3)	See Figure 29 ^a	35 dB	See Figure 32
ISDB-C	64-QAM	—	See Figure 30 ^a	26 dB	See Figure 33
	256-QAM	—	See Figure 31 ^a	34 dB	See Figure 34
ISDB-C2	OFDM	256-QAM	26dB	33 dB	See Figure 33
		1 024-QAM	33dB	39 dB	
		4 096-QAM(4/5)	37dB	39 dB	
		4 096-QAM(5/6)	40dB	40 dB	
DVB-T	COFDM	64-QAM (2/3)	27 dB	—	Max. –15 dB echo amplitude
DVB-T2	COFDM	256-QAM (2/3)	27 dB	—	
DVB-C	64-QAM	—	33 dB	—	Max. 1,5 µs echo delay
	256-QAM	—	39 dB	—	
DVB-C2	COFDM	256-QAM	27 dB	—	
		1 024-QAM	27 dB	—	
		4 096-QAM	27 dB	—	
		(5/6,9/10)	—	—	

^a Multi frequency interference is due to the third order intermodulation product.

Interference by 3rd order intermodulation product for ISDB-T, ISDB-C (64-QAM) and ISDB-C (256-QAM) broadcast signals shall be below the mask of Figure 29, Figure 30, and Figure 31, respectively. The level difference between signal and reflected (echo) signal for ISDB-T, ISDB-C and ISDB-C2 shall be below the levels shown in Figure 32, Figure 33 and Figure 34.

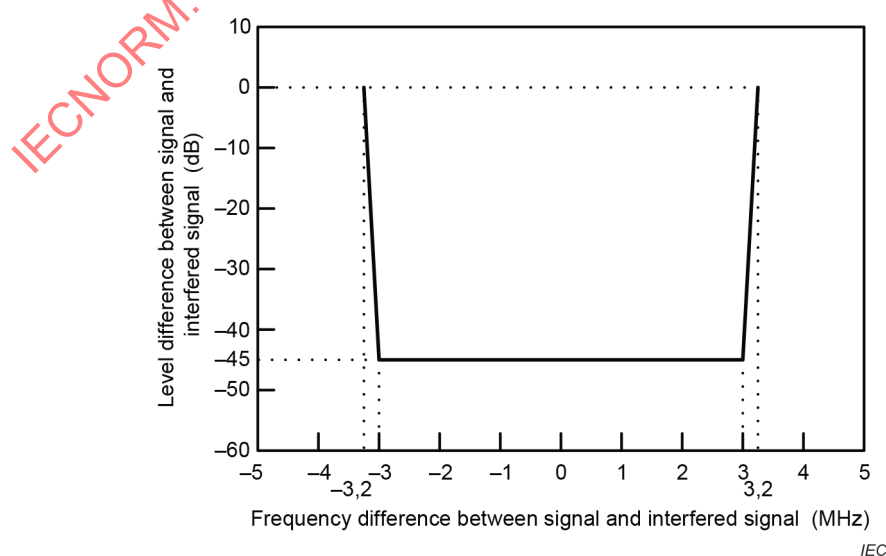


Figure 29 – Signal level difference with 3rd order interference signal (ISDB-T)

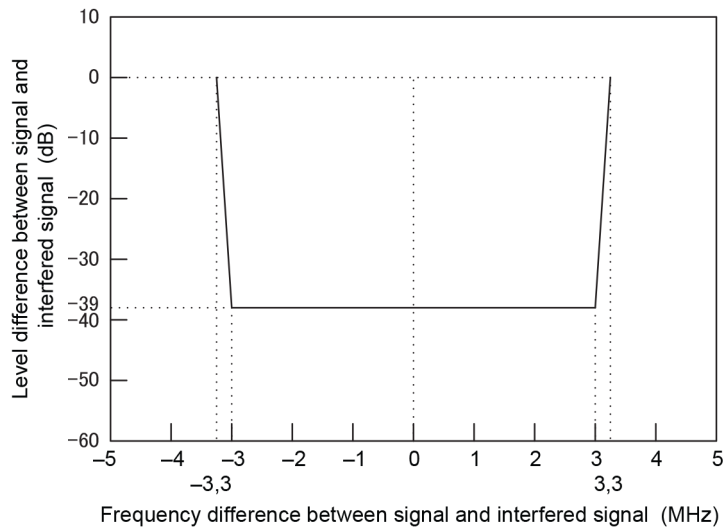


Figure 30 – Signal level difference with 3rd order interference signal (ISDB-C 64QAM)

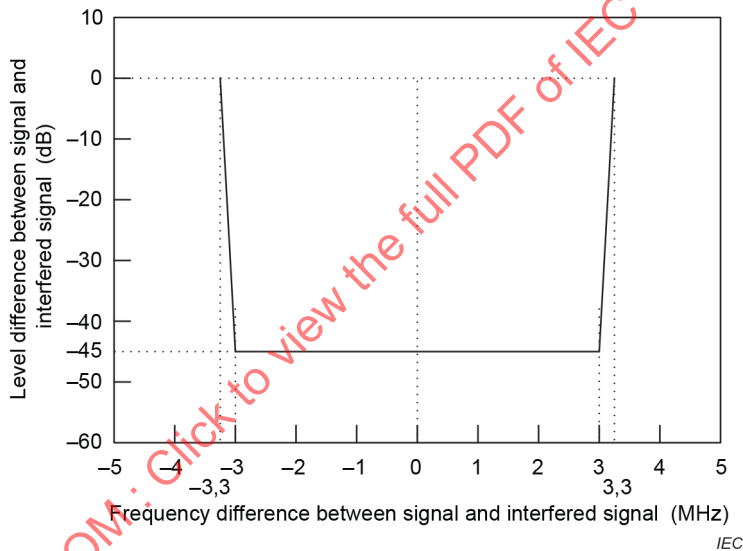


Figure 31 – Signal level difference with 3rd order interference signal (ISDB-C 256QAM)

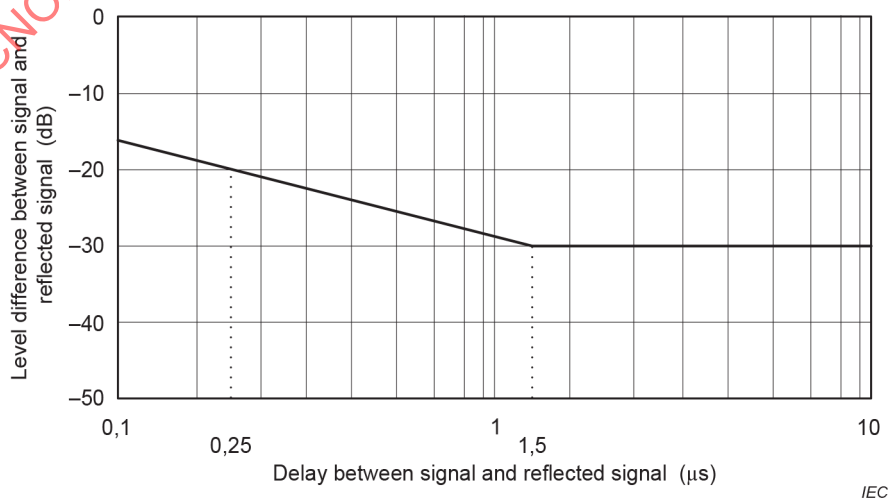


Figure 32 – Level difference between signal and reflected (echo) signal (ISDB-T)

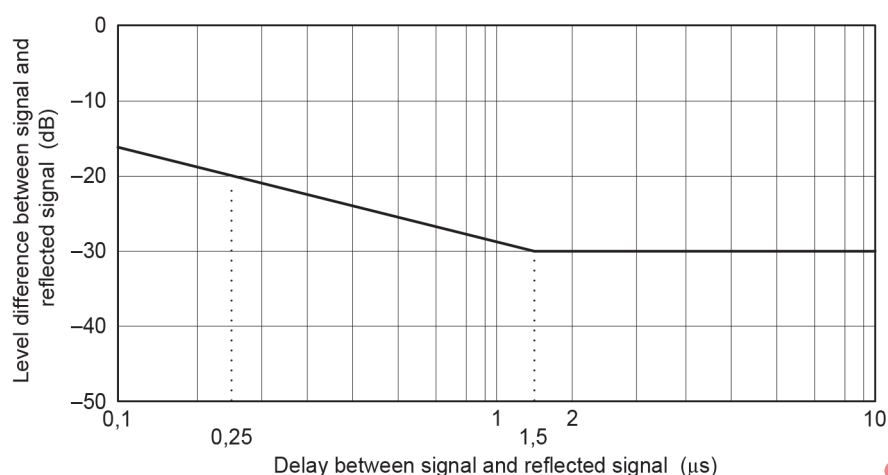


Figure 33 – Level difference between signal and reflected (echo) signal (ISDB-C 64QAM)

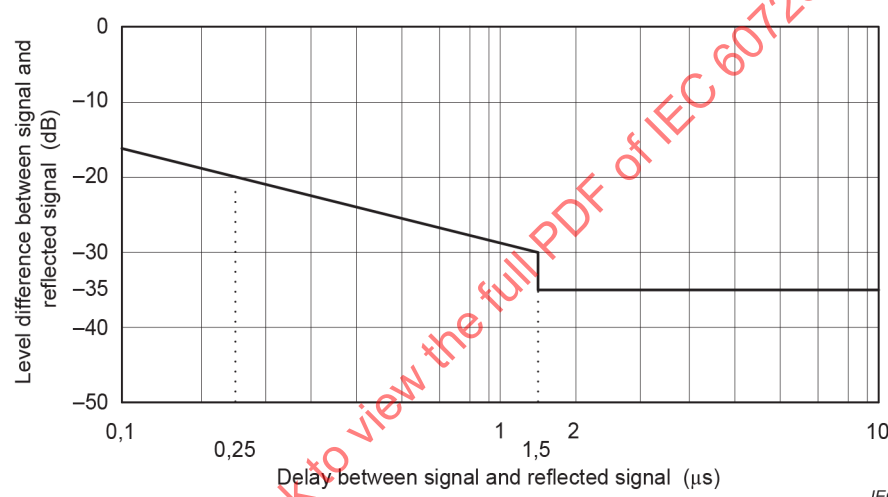


Figure 34 – Level difference between signal and reflected (echo) signal (ISDB-C 256QAM)

7.13 Crosstalk due to optical fibre non-linearity

In a hybrid WDM transmission system in which broadcast signals and telecommunication signals are both incorporated, crosstalk between the two signals due to optical fibre non-linearity shall be taken into consideration. As described in Clause C.2, important parameters of optical crosstalk are stimulated Raman scattering (SRS), self-phase modulation (SPM), and cross-phase modulation (XPM). Among these parameters, SRS-induced crosstalk is dominant, and it is difficult to reduce interference based on the Raman effect (change of optical wavelength) and the fixed wavelength spacing between the two signals (1 550 nm and 1 490 nm). XPM is not dominant in the case of this kind of wavelength spacing. SPM is caused by non-linear refractive index of fibre materials and reduced significantly when the input power is decreased.

Considering the above features of crosstalk, the following points shall be maintained as a minimum guideline for reducing SRS-induced crosstalk caused by optical fibre non-linearity.

- Optical level of telecommunication signal at trunk line fibre input: less than 0 dB(mW).
- Optical level of broadcast signal at trunk line fibre input: less than 18 dB(mW).
- Optical modulation index of broadcast signal: more than 3 %/signal; the total optical modulation index shall be in accordance with the description in IEC TR 60728-6-1.

- Randomization of telecommunication signal pattern: recommended.

NOTE 1 Annex C contains additional descriptions of SRS.

NOTE 2 Refer to Clause A.5 for the description of the optical modulation index and the number of combinations of digital signals.

7.14 Interference due to intermodulation noise caused by fibre non-linearity

Interference level due to intermodulation noise caused by fibre non-linearity shall meet the values shown in Table 21. All the parameters of optical broadcast transmission systems shall be set appropriately to satisfy the interference level. The measurement point shall be point (6) shown in Figure 5.

Table 21 – Interference level due to fibre non-linearity

System	Channel modulation	Sub-carrier modulation (code rate)	D/U ratio dB
ISDB-T	OFDM	64-QAM	More than 35
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	—	More than 26
	256-QAM	—	More than 34
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	More than 33
		1 024-QAM	More than 39
		4 096-QAM (4/5)	More than 39
		4 096-QAM (5/6)	More than 40
ISDB-S	TC-8PSK (broadcast satellite)	—	More than 13
	QPSK (Communication Satellite)	—	More than 13
ISDB-S3	16APSK	7/9	More than 14

7.15 Environmental conditions

Equipment used for FTTH systems shall meet the environmental condition requirements of Table 22.

Table 22 – Environmental conditions

	Optical Tx (In-house)	EDFA (In-house)	V-ONU (In-house)	V-ONU (Outdoor)
Temperature (°C)	0 to +40	0 to +40	0 to +40	–20 to +40 ^{a b}
Humidity (%)	20 to 90	20 to 90	20 to 90	20 to 100
^a To be applied in normal climate conditions in extra-tropical zones, not in extremely cold and hot temperatures. Refer to IEC 60068-1 and ETSI 300 019-1-4 when used in other climate conditions.				
^b Except the rising temperature due to solar radiation.				

Annex A (informative)

Actual service systems and design considerations

A.1 General

This annex describes actual service systems and design considerations based on the specification described in this document.

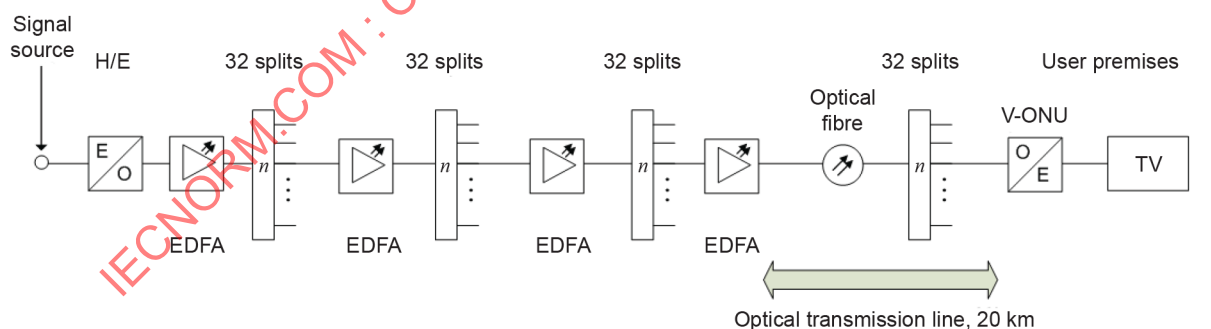
Many CATV operators currently provide multi-channel services and re-transmission services for digital broadcasting. Since the actual number of signals in a CATV network varies, this annex describes a reference model for the multi-channel services and re-transmission services over an optical network.

A.2 Multi-channel service system

A.2.1 General

This model has a total number of 112 digital signals (6 MHz bandwidth) over the 90 MHz to 770 MHz cable system, comprising 12 signals for ISDB-T, 56 signals for 64-QAM, 20 signals for 256-QAM and 24 signals for 4 096-QAM (OFDM, 4/5).

The system size of CATV multi-channel services is mostly from 1 500 to 340 000 terminals, the transmission line length is up to 20 km, and 4 stages of EDFA are provided for one million terminals. For systems comprising a few thousand terminals only, the line length can be extended up to 40 km with up to three stages of EDFA. In the optical network system, the relationship between transmission distance and the number of branches is in inverse proportion. If the number of branches is reduced, the optical line is extendable up to 40 km, and one million or more subscriber terminals become available by stacking splitters. Figure A.1 and Figure A.2 show the examples of the multi-channel service system of one million terminals, and of 2 000 terminals, respectively.



IEC

Figure A.1 – Example of a multi-channel service system of one million terminals

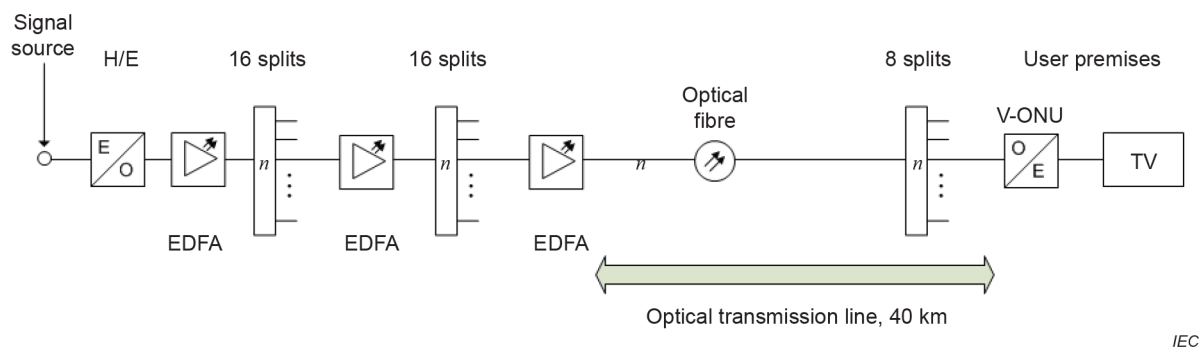


Figure A.2 – Example of a multi-channel service system of 2 000 terminals

A.2.2 Operating conditions

Table A.1 shows the operating condition for the multi-channel service system with its typical optical modulation index. The optical system uses the external intensity modulation method.

Table A.1 – Operating conditions of a multi-channel service system

Service model	Modulation method	System	Number of signals	Typical optical modulation index (m_k)/signal
Multi-channel service system model	External intensity modulation		112 signals in total Composed of the following signals	Total modulation index: Less than 30 %
		ISDB-T	12 signals, OFDM	2,5 %
		ISDB-C	56 signals, 64-QAM	2,5 %
		ISDB-C	20 signals, 256-QAM	5,0 %
		ISDB-C2	24 signals, 4 096-QAM (OFDM, 4/5)	4,75 %

In the case of 4 096-QAM (OFDM) signal transmission, the optical modulation index and the number of signals shall be carefully chosen in order to avoid optical clipping effects.

Refer to Annex F for a brief description on the origin of distortion due to clipping effects.

A.2.3 Operating environment

The optical transmitters and optical amplifiers are assumed to be installed in an office building as headend equipment with the following environmental conditions. V-ONUs are assumed to be installed indoors or outdoors, for instance, under eaves. Unless otherwise specified, the following range should be applied.

(1) Optical transmitter

- Ambient temperature 0 °C to +40 °C ¹
- Humidity 20 % to 90 % without dew condensation

(2) Optical amplifier

- Ambient temperature 0 °C to +40 °C ¹
- Humidity 20 % to 90 % without dew condensation

¹ Except rising temperatures due to solar radiation.

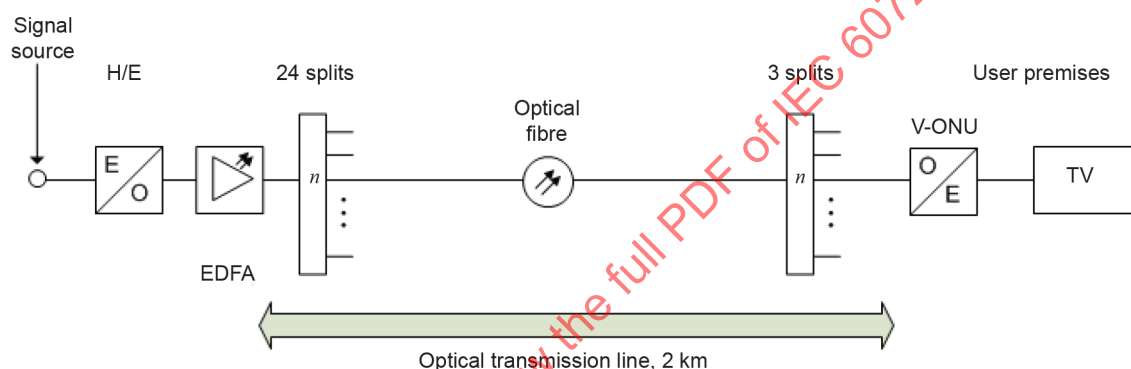
(3) V-ONU

- Ambient temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ¹ (outdoor installation)
- Ambient temperature $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (indoor installation)
- Humidity 20 % to 100 % without dew condensation

For optical safety, refer to IEC 60825-1 and IEC 60825-2 in addition to the relevant clauses of this document.

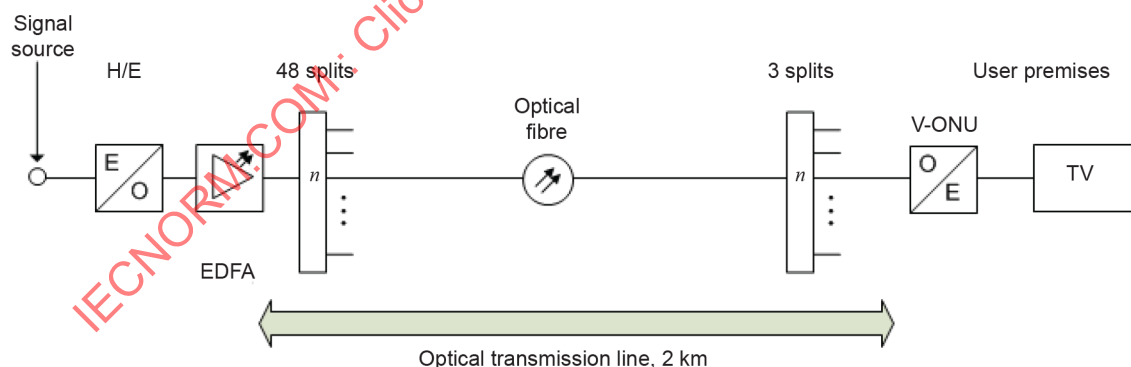
A.3 Re-transmission service system**A.3.1 General**

The re-transmission service system is a small-sized receiving facility of terrestrial digital broadcast signals. Twelve OFDM digital signals are assumed for the re-transmission service. In general, it has a transmission line of about 2 km with one EDFA. Figure A.3 and Figure A.4 show examples of system configurations for 72 terminals and 144 terminals, respectively.



IEC

Figure A.3 – Example of re-transmission service system of 72 terminals



IEC

Figure A.4 – Example of re-transmission service system of 144 terminals

A.3.2 Operating conditions

Table A.2 shows the model of operating conditions for the re-transmission service system with its typical optical modulation index. The optical system uses the direct intensity modulation method.

Table A.2 – Operating conditions of re-transmission service system

Service model	System	Number of signals	Modulation method	Typical optical modulation index (m_k)/signal
Re-transmission service system	ISDB-T	12 signals (Terrestrial OFDM)	Direct intensity modulation	6,4 %

A.3.3 Operating environment

The optical transmitter and optical amplifier are assumed to be installed in an office building as headend equipment, with the following environmental conditions. V-ONUs are supposed to be installed indoors or outdoors, for instance, under eaves. Unless otherwise specified, the following ranges should be met.

(1) Optical transmitter

- Ambient temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ²
- Humidity 20 % to 90 % without dew condensation

(2) Optical amplifier

- Ambient temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ²
- Humidity 20 % to 90 % without dew condensation

(3) V-ONU

- Ambient temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ² (outdoor installation)
- Ambient temperature $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ² (indoor installation)
- Humidity 20 % to 100 % without dew condensation

A.4 SINR calculation of optical network

In the case of optical intensity modulation, the SINR of an optical network can be calculated as follows.

(1) RIN degradation by optical amplifier

RIN degradation by multi-stage connection of the optical amplifiers, $N_{\text{RIN,out}}$ is given by Equation (A.1):

$$N_{\text{RIN,out}} = 10 \lg \left[\sum_k \frac{2 \cdot E \cdot 10^{F_{\text{NF},k}/10}}{10^{P_k/10}} + 10^{N_{\text{RIN,in}}/10} \right] \quad (\text{A.1})$$

where

- $N_{\text{RIN,in}}$ is the RIN at input of the first optical amplifier, expressed in dB(Hz⁻¹);
- $N_{\text{RIN,out}}$ is the RIN at output of the k -th optical amplifier, expressed in dB(Hz⁻¹);
- E is the photon energy (in case of $\lambda = 1\,555\text{ nm}$, $E = 1,278 \times 10^{-16}\text{ [mJ]}$);
- $F_{\text{NF},k}$ is the noise figure of the k -th optical amplifier, expressed in dB;
- P_k is the optical input power of the k -th optical amplifier, expressed in dB(mW).

² Except rising temperatures due to solar radiation.

(2) SINR in the case of intensity modulation system

$$R_{\text{SIN}} = 10 \lg \left(\frac{1}{B_{\text{N}}} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot (m_k \cdot R \cdot P_r)^2}{N_{\text{RIN}} \cdot (R \cdot P_r)^2 + 2 \cdot e \cdot (I_{\text{d0}} + R \cdot P_r) + I_{\text{eq}}^2} \right) [\text{dB}] \quad (\text{A.2})$$

where

B_{N} is the noise bandwidth (64-QAM, 256-QAM: $5,3 \times 10^6$ Hz);

m_k is the optical modulation index of the k th signal;

R is the optical-electrical conversion efficiency of an optical receiver device, expressed in A/W;

P_r is the input optical power, expressed in W;

N_{RIN} is the relative intensity noise of optical input signal, expressed in dB(Hz⁻¹);

e is the charge of an electron ($1,602 \times 10^{-19}$ C);

I_{d0} is the dark current of the optical receiver device, expressed in A;

I_{eq} is the equivalent input noise current density of an optical receiver, expressed in A/
 $\sqrt{\text{Hz}}$.

The total optical modulation index M_{total} depends on the optical modulation indexes m_k as shown in Equation (A.3):

$$M_{\text{total}} = \sqrt{\sum_{k=1}^K m_k^2} \quad (\text{A.3})$$

where

K is the total number of electrical signals;

m_k is the optical modulation index of the k -th signal.

Since the total optical modulation index affects the distortion characteristic of the total system, it is generally desirable for it to be 30 % or less in the case of an external intensity modulation system.

A.5 System reference model

Table A.3 summarizes the basic system parameters verified for multi-channel and re-transmission service systems. Examples of reference models are shown in Figure A.5 and Figure A.6.

Table A.3 – Basic system parameters for multi-channel and re-transmission service systems

Ref. model No.	Broadcast service	Number of terminals	Number of signals			Optical modulation index %/signal	Remark
			System	Type of modulation	Total		
Model 1	Multi-channel service	1 000 000	ISDB-T	OFDM	68	1,5	See Figure A.5
			ISDB-C	64-QAM		1,5	
			ISDB-C	256-QAM	20	3,0	
			ISDB-C2	OFDM (4 096-QAM)	24	4,7	
Model 2	Multi-channel service	2 000	ISDB-T	OFDM	68	1,5	—
			ISDB-C	64-QAM		1,5	
			ISDB-C	256-QAM	20	3,0	
			ISDB-C2	OFDM (4 096-QAM)	24	4,7	
Model 3	Re-transmission service	72	ISDB-T	OFDM	12	6,4	—
Model 4		144	ISDB-T	OFDM	12	6,4	See Figure A.6

The parameters used for calculation of system performance are as follows:

(1) Multi-channel service system

- Connection loss at connector 0,5 dB/point
- Fibre loss including splicing loss 0,35 dB/km
- V-ONU equivalent input noise current density (I_{eq}) 10 pA/√Hz
- V-ONU receiving device dark current (I_{d0}) 1,3 nA
- V-ONU optical-electrical conversion efficiency (R) 0,84 A/W

(2) Re-transmission service system

- Connection loss at connector 0,5 dB/point
- Fibre loss including splicing loss 0,35 dB/km
- V-ONU equivalent input noise current density (I_{eq}) 8,3 pA/√Hz
- V-ONU receiving device dark current (I_{d0}) 1,0 nA
- V-ONU optical-electrical conversion efficiency (R) 0,9 A/W

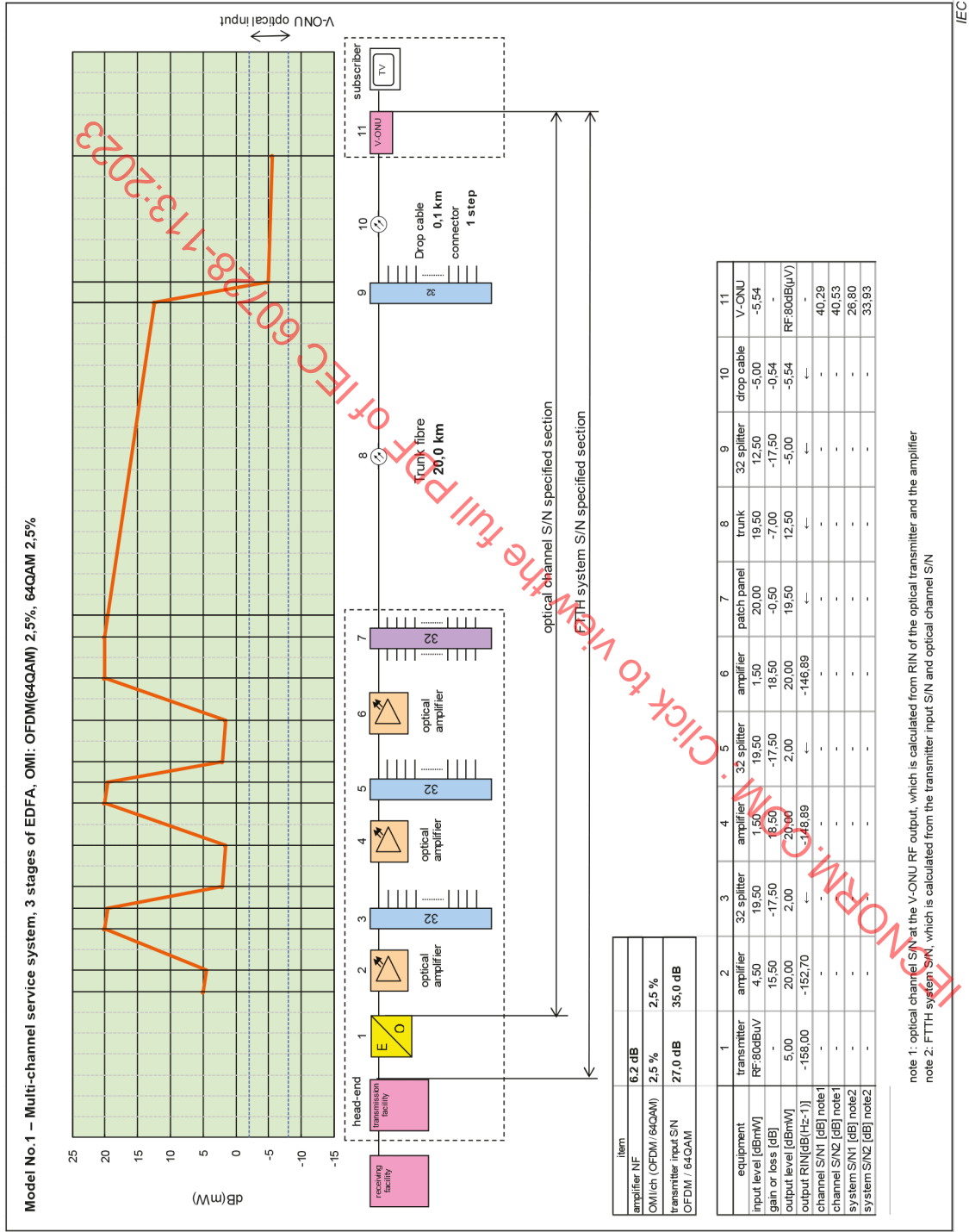


Figure A.5 – Model 1 system performance calculation

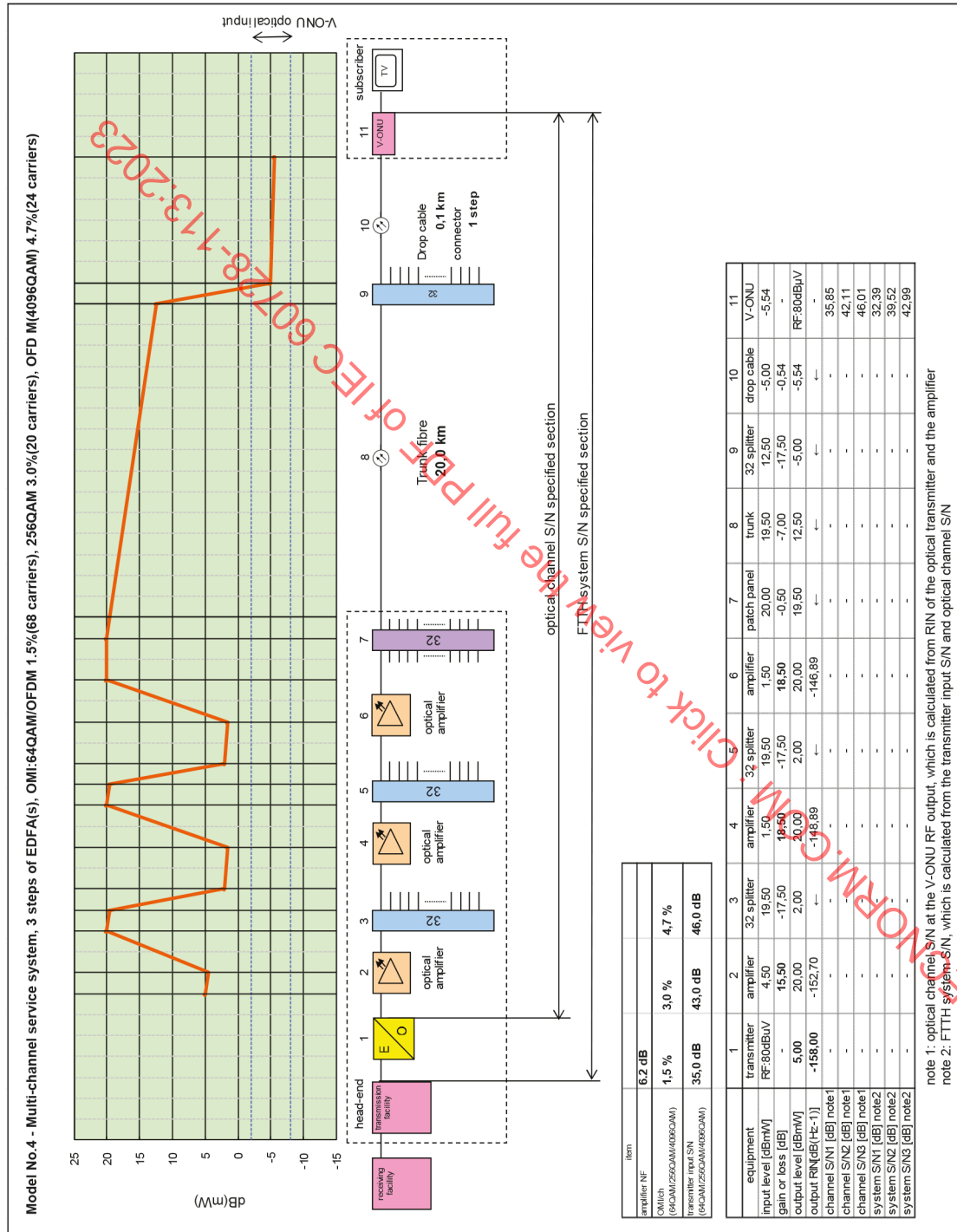


Figure A.6 – Model 4 system performance calculation

A.6 Hints for actual operation

A.6.1 Optimum operation

This clause describes neither a system performance nor device parameters, but the systems shall be optimized with the number of transmit channels, modulation indexes as long as they satisfy the permissible ranges of RIN, NF, SINR and the interferences described in this document. Combined operation can be allowed with different modulated signals that have their own modulation indices if the system performance is well maintained.

A.6.2 Key issues to be specified

The key issues with respect to the design of an optical system and the operating conditions are as follows.

a) Optical wavelength

Although the wavelength range of 1 530 nm to 1 625 nm is generally used, many commercially available systems use wavelengths between 1 540 nm and 1 560 nm. This band (i.e. 1 540 nm to 1 560 nm) is chosen to limit the operating wavelength. Nevertheless, with the progress of WDM technology, the usage of wavelengths can vary.

b) Optical modulation system

In systems for re-transmission service direct intensity modulation is used due to its short trunk line length. For multi-channel service systems, usually external intensity modulation transmitters are employed in order to bridge long spans (up to approx. 40 km). In the case of short spans in a multi-channel service system, direct intensity modulation can also be used.

c) Optical modulation index

Present optical transmitters in the market have the function to adjust the modulation index automatically according to the number of signals by its AGC function. As mentioned in A.6.1, the operation with other adequate modulation indexes can be allowed as long as the system performance is reached.

d) Distortion performance

Since it is difficult to describe system performance separately for the optical transmitter and the V-ONU, it is recommended to specify the performance with a pair of optical transmitters and V-ONUs. The distortion performance of the optical system can change its optical characteristics in actual operation. This factor is especially significant when direct intensity modulation is used in a re-transmission system. Careful selection of each distortion parameter is required for actual optical system design.

e) V-ONU optical input level

This specification does not limit the operation beyond parameters described in this document. It specifies the minimum range of specification. Hence, this specification can be used as a guideline of system design. The specified optical input level is assumed without WDM filters, the loss shall be compensated if it has WDM filters.

f) AGC function of V-ONU

V-ONUs with AGC function detect the optical input level and control the electric power sum of the output signal. This document does not specify this type of control but requires keeping the output level within the fixed range even if the optical input level of V-ONU varies.

g) SINR

The signal-to-intermodulation and noise ratio in CATV networks generally shows the lowest value at the optical input of a V-ONU. It is possible to increase the input optical level to some extent to meet the higher SINR requirement.

Annex B (informative)

BER extrapolation method

This annex describes the extrapolation method of BER measurement. Unless the error correction can be turned off, such as LDPC error correction, it will generally take a very long time to measure low error conditions such as $\text{BER} = 10^{-11}$ and the obtained data will fluctuate. In such a case, the extrapolation method can be applied as depicted in Figure B.1.

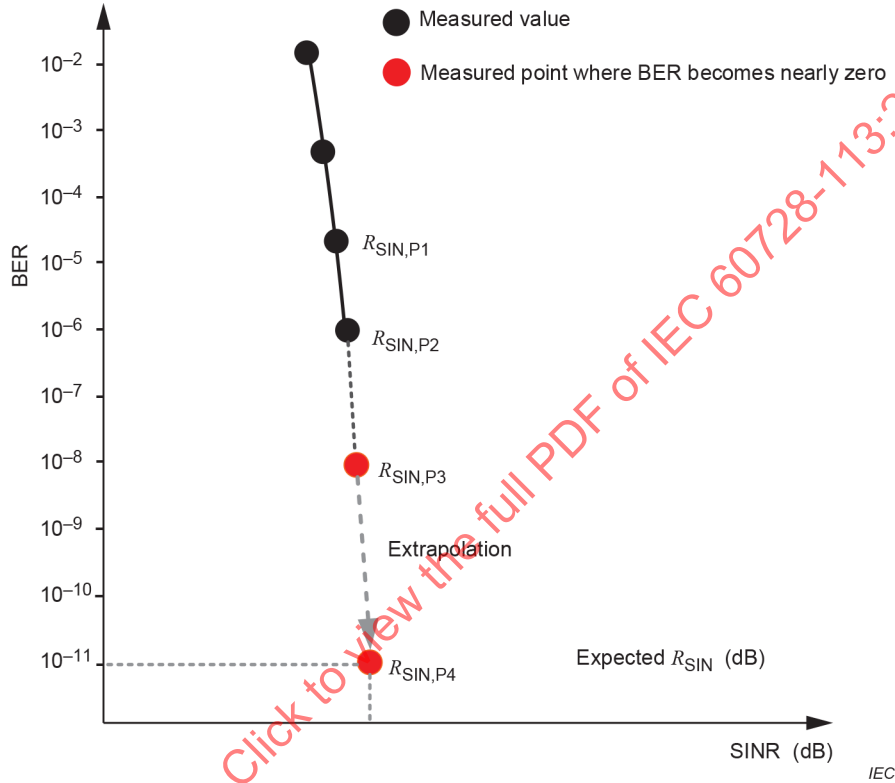


Figure B.1 – Extrapolation method of BER measurement

Expected SINR by extrapolation method:

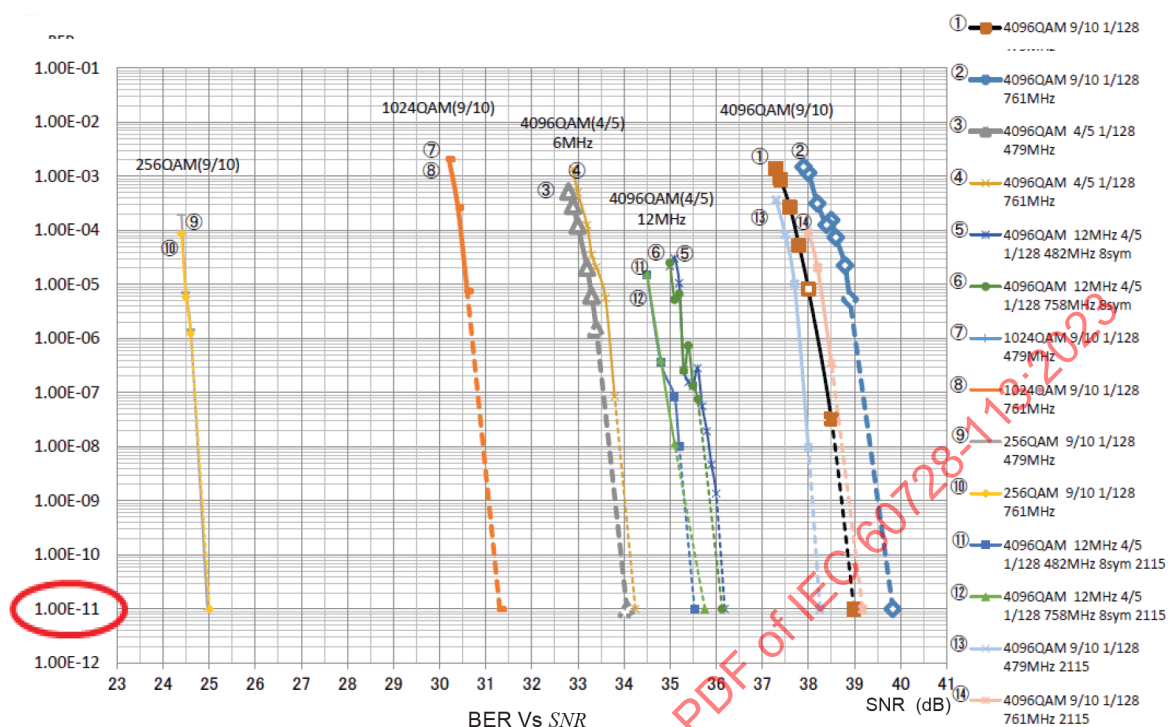
- 1) Get measured values for P1($R_{\text{SIN},P1}$), P2($R_{\text{SIN},P2}$) and P3($R_{\text{SIN},P3}$)
- 2) Determine averaged slope between P1 and P2, between P2 and P3
- 3) Find P4($R_{\text{SIN},P4}$) where the line from $\text{BER} = 10^{-11}$ intercepts with the extrapolated curve

The expected SINR at P4, ($R_{\text{SIN},P4}$) can be expressed as follows:

$$R_{\text{SIN},P4} = 2 \cdot \frac{\lg(10^{-11}) - \lg(R_{\text{BER},P3})}{\frac{\lg(R_{\text{BER},P2}) - \lg(R_{\text{BER},P1})}{R_{\text{SIN},P2} - R_{\text{SIN},P1}} + \frac{\lg(R_{\text{BER},P3}) - \lg(R_{\text{BER},P2})}{R_{\text{SIN},P3} - R_{\text{SIN},P2}}} + R_{\text{SIN},P3} \quad (\text{B.1})$$

Where SINR and BER at P1, P2, P3 and P4 are ($R_{\text{SIN},P1}$, $R_{\text{BER},P1}$), ($R_{\text{SIN},P2}$, $R_{\text{BER},P2}$), ($R_{\text{SIN},P3}$, $R_{\text{BER},P3}$) and ($R_{\text{SIN},P4}$, $R_{\text{BER},P4}$), respectively.

The obtained BER characteristics for 256-QAM, 1 024-QAM and 4 096-QAM signals by this method are shown in Figure B.2. The dotted line shows the extrapolation.



IEC

Figure B.2 – BER characteristics for 256-QAM, 1 024-QAM and 4 096-QAM (extrapolation method)

Annex C (informative)

Optical system degradations

C.1 System degradation factors

The transmission quality of digital signals in telecommunication can be evaluated by BER. However, in the case of broadcast signals that contain a mixture of analogue and digital signals, the performance evaluation can include SINR, BER, MER, signal distortion and subjective picture quality. Subjective picture quality evaluation is outside the scope of this document. Generally, a broadcast system should also consider various non-linear degradation factors due to higher optical level usage. Furthermore, in the case of a three-wavelength multiplex transmission system, no interference among services (video and data) can appear. With video transmission, the optical reflection over transmission line should be specifically considered as a keen degradation factor. Relative intensity noise (RIN) is used as a parameter for the noise property of optical signals. Although RIN originally describes the time fluctuations of laser power, it can also represent the noise caused by optical reflections in the system. Figure C.1 shows a transmission line with two reflection points. A beat arises between the twice-reflected light (delayed signal) and direct signal (original signal), resulting in noise.

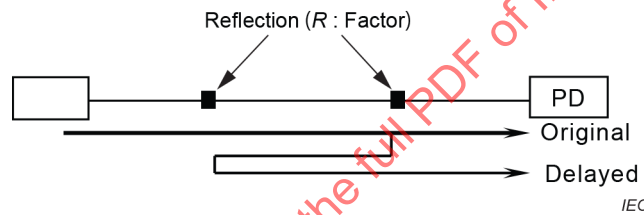


Figure C.1 – Reflection model

When the laser diode (LD) is directly modulated by the multi-channel signal, the additional RIN, $N_{\text{RIN,ref}(f)}$ can be calculated as follows:

$$N_{\text{RIN,ref}(f)} = \frac{2\alpha R_1 R_2}{\sqrt{\pi} \sigma_f} \cdot \exp \left[-\frac{f^2}{4\sigma_f^2} \right] \quad (\text{C.1})$$

where

R_1, R_2 are the reflective indices for the first and the second reflection point;

α is the optical loss between the two reflection points;

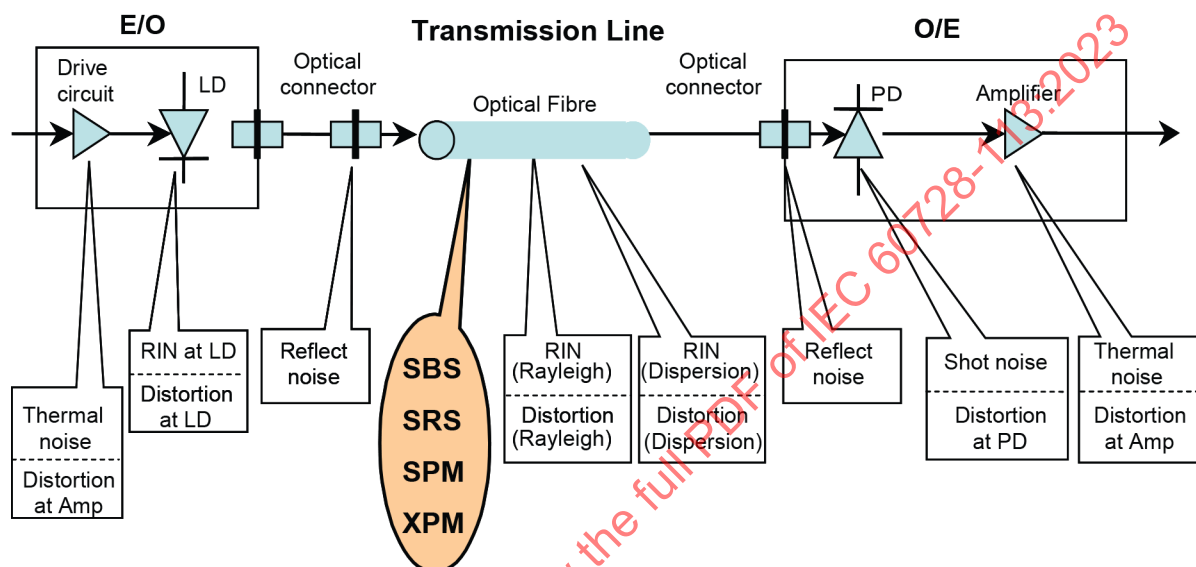
σ_f is the optical frequency shift of the laser diode.

On a transmission line, reflection can occur at any point of the fibre connection or connector. For example, if in the observing point σ_f is set to 1,3 GHz, α to 5 dB, R_1 and R_2 to 40 dB each (in the case of normal polished Grade 2 Connectors of IEC 61755-1, the RIN obtained at $f = 100$ MHz will be -175 dB(Hz⁻¹). If R_1 and R_2 are 20 dB (in case of PC connector polish), the RIN will be -135 dB(Hz⁻¹). Therefore, in this case, the system will be deteriorated significantly. Generally, since RIN of an optical laser is about -160 dB(Hz⁻¹), the former Grade 2 Connectors of the IEC 61755-1 polish case will cause no significant interference, while the latter PC polish case will affect the system performance. Therefore, in the case of CATV, Grade 2 Connectors of IEC 61755-1 are recommended, and it is better to use an angled-PC polish type having a reflection loss of 60 dB or more.

C.2 Non-linear degradation

C.2.1 Degradation factors

Various degradation factors over an optical transmission system are shown in Figure C.2. Important parameters are stimulated Brillouin scattering (SBS), stimulated Raman scattering (SRS), self-phase modulation (SPM), cross-phase modulation (XPM). These types of degradation are caused by a high-level optical power input into optical fibres. It is not enough to specify these parameters only for the optical transmitter or the optical receiver. As a total cable system, it is necessary to design complete systems with the appropriate optical power level, as described in Annex A.

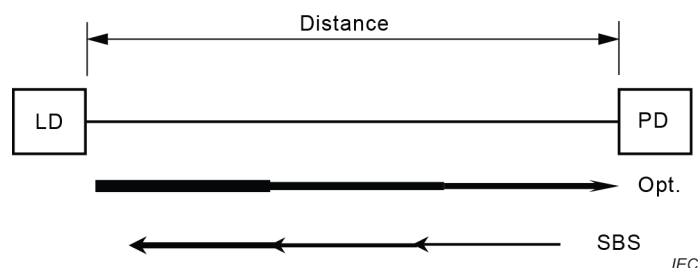


IEC

Figure C.2 – Degradation factors of optical transmission system

C.2.2 Stimulated Brillouin scattering (SBS)

SBS is a scattering effect of silica fibre due to its non-linear characteristics and caused by an excessive optical input power over some threshold. In this case, transmitted light signal cannot be transmitted to the receiver side as a portion of light signal returns to the transmitter side. Figure C.3 shows an SBS generation image. In order to increase the threshold level range, a relaxing method of energy density is used by applying frequency modulation or phase modulation to the optical source of the transmitter. Currently around +20 dB(mW) power class is available as a maximum.



IEC

Figure C.3 – SBS generation image

C.2.3 Stimulated Raman scattering (SRS)

This is an interference phenomenon from telecommunication signals to video signals (from the short wavelength to the long wavelength side) due to stimulated Raman scattering, a non-linear optical effect of optical fibres. The level of interference depends on the optical input level (launch power), transmission distance, wavelength separation and the spectrum of telecommunication signals. Because the Raman scattering has its peak gain at 100 nm apart from the original wavelength on the long wavelength side in the case of silica fibre, the interference occurs from the short wavelength side (telecommunication signals) to the long wavelength side (video signals). Table C.1 shows the tendency of SRS disturbance with its main cause.

Table C.1 – Disturbance parameter of Raman crosstalk

Main parameters	Tendency of SRS disturbance
Optical-fibre input power (launch power)	SRS increases in accordance with launched power.
Fibre length	SRS increases in accordance with fibre length.
Wavelength separation	The Raman gain peak is about 100 nm on the long wavelength side.
Frequency of CATV	Interference predominantly occurs on the low frequency side.
Optical modulation index in video signal	Interference is likely to occur in the low optical modulation condition and improves by increment of the modulation index.
Kind of optical fibre	Dispersion shifted fibre is more likely to suffer from interference than standard single mode fibre.
Spectrum of telecommunication signal	The dispersed spectrum component (in idling state) may suffer from interference.

The SCR (signal-to-crosstalk ratio) effect on the CATV signals is due to the Raman scattering effect. The SCR effect can be evaluated with Equation (C.2):

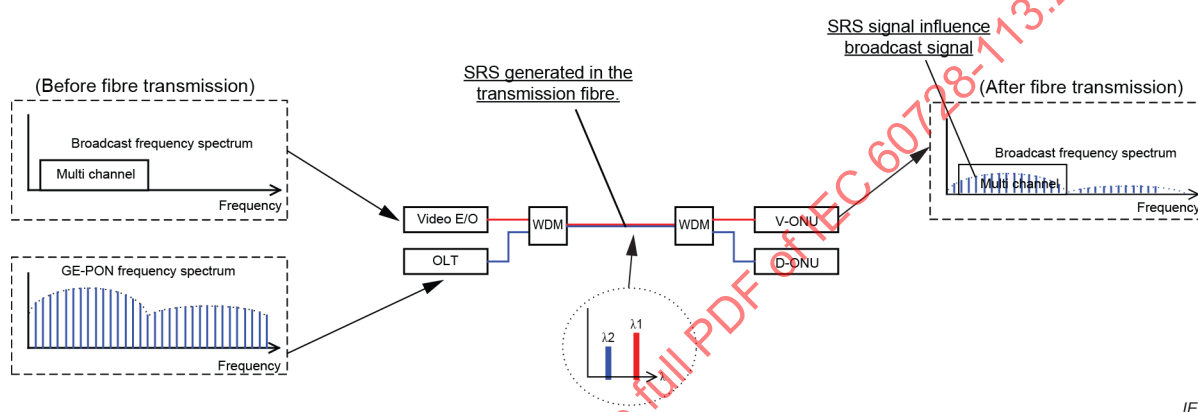
$$R_{SC,SRS} = 10 \lg \left\{ \left(\frac{A_{\text{eff}}}{\rho_{\text{SRS}} g_{12} P_{\text{int}}} \cdot \frac{M_{\text{total}}}{m_{k,\text{int}}} \right)^2 \times \frac{\alpha^2 + (\Omega d_{12})^2}{1 + e^{-2\alpha L} - 2e^{-\alpha L} \cos(\Omega d_{12} L)} \right\} \quad (\text{C.2})$$

where

- A_{eff} is the effective area, expressed in m^2 ;
- ρ_{SRS} is the effective polarization overlap factor;
- g_{12} is the Raman gain coefficient, expressed in (m/W) ;
- P_{int} is the optical power of the interfering signal, expressed in W ;
- M_{total} is the total optical modulation index (OMI) of CATV signal;
- $m_{k,\text{int}}$ is the OMI of the k -th interfering signal;
- α is the attenuation coefficient of the fibre;
- Ω is the angular frequency of the interfering signal, expressed in Hz ;
- d_{12} is the group velocity mismatch between two WDM signals, expressed in s/m ;
- L is the fibre length, expressed in m .

As shown in Equation (C.2), SCR can be improved by increasing the modulation index of the CATV signal or decreasing the signal level and modulation index of the telecommunication signals. The D/U (desired to undesired signal level) ratio degrades as a cosine curve in accordance with the fibre length.

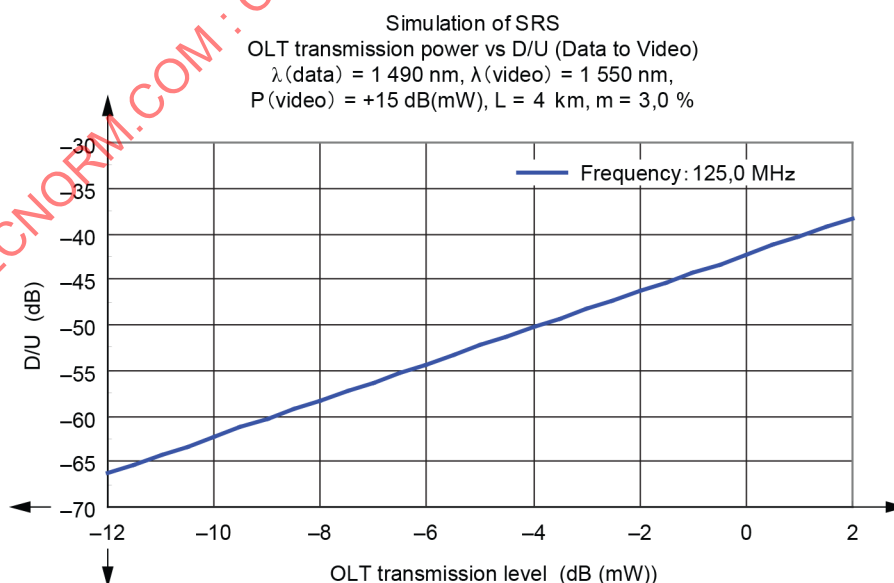
In a hybrid WDM transmission system in which both the broadcast signal and the telecommunication signal are incorporated, interference between the two signals due to optical fibre non-linearity should be taken into consideration. Figure C.4 shows the interference between two wavelengths; λ_1 for the optical broadcast signal and λ_2 for the optical telecommunication signal. Generally, the Raman gain peak arises at about 100 nm on the long wavelength side in a silica fibre. The interference from the telecommunication signal (digital) to the broadcast signal (analogue) is considered. As, normally, λ_2 is set to 1 490 nm and λ_1 to 1 550 nm in a hybrid WDM system, SRS becomes a dominant interference between the two signals.



IEC

Figure C.4 – Interference between two wavelengths

SRS occurs in a fibre where two wavelengths are incorporated and depends on the parameters such as the length of fibre, optical input levels, polarization of optical signals and transmission frequencies.



IEC

Figure C.5 – Simulation of SRS (OLT transmission power versus D/U)

As shown in Figure C.5, SRS depends on the optical input level at the OLT (1 490 nm). It is noted that the optical input level of the 1 490 nm wavelength shall be kept between -7 dB(mW) to 0 dB(mW) if the level difference between the two signals is 18 dB.

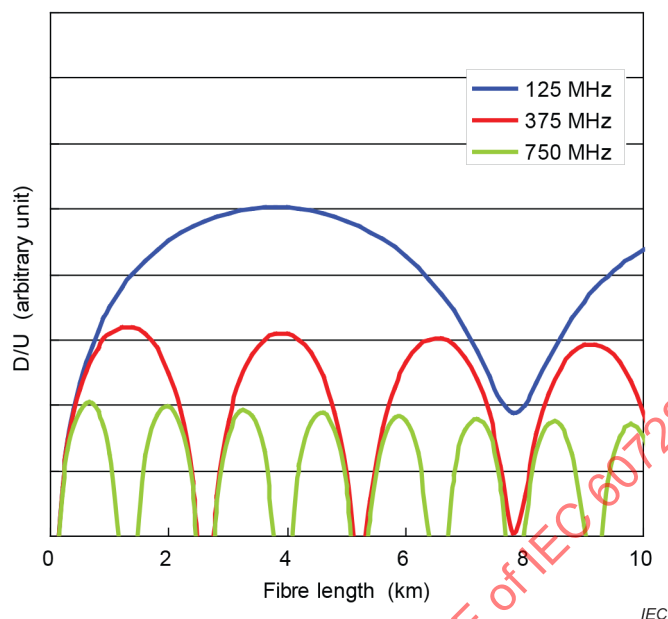


Figure C.6 – Simulation of SRS (D/U in arbitrary unit versus fibre length)

Figure C.6 shows a relationship between SRS and the fibre's length. It is noted that each peak of SRS has follows a cosine curve and it has strong dependency with signal frequencies, but not fibre length.

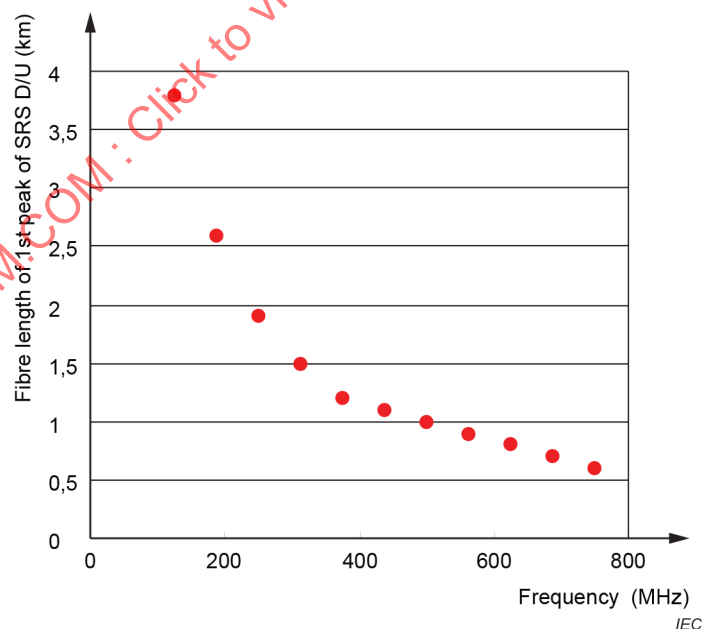


Figure C.7 – Fibre length of the first peak of SRS D/U versus frequency

Figure C.7 shows a relationship between the highest SRS D/U and signal frequency. For example, the 3,9 km fibre length point indicates the worst SRS D/U at a signal frequency of 125 MHz.

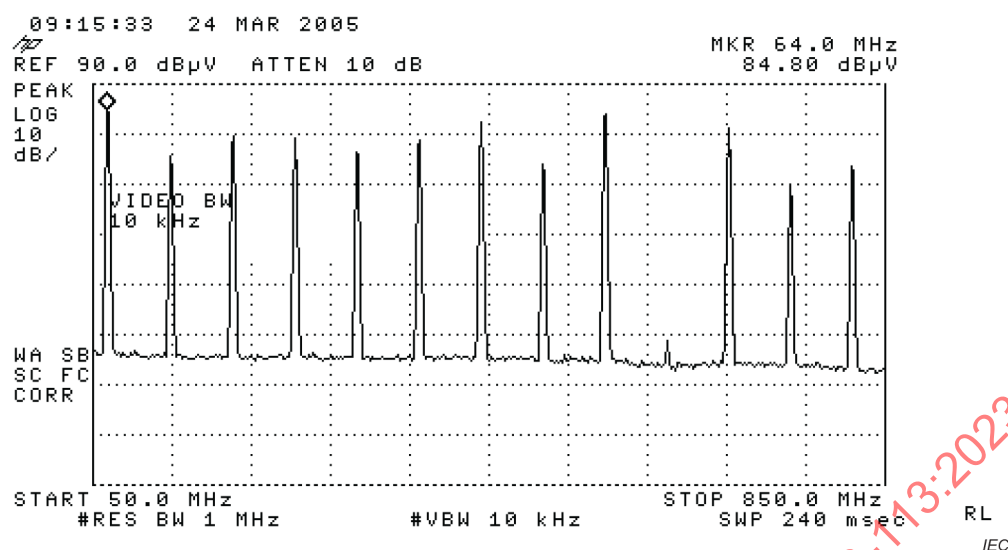


**Figure C.8 – GE-PON idle pattern spectrum (ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017 1 000 Base-PX)
(62,5 MHz = 1 250 Mbps/20 bit)**

Figure C.8 shows the spectrum of GE-PON in idling condition, where periodic high energy spectrums arise. In actual transmission signals, this spectrum is randomized by the data signal and hence the peak power is lowered. It is noted that some data randomization is useful for dispersing the spectrum.

C.2.4 Self-phase modulation (SPM)

SPM is a kind of phase modulation due to the refractive index change caused by optical input power.

C.2.5 Cross-phase modulation (XPM)

Like SRS, XPM occurs in the wavelength division multiplex system. It is caused by excessive optical power into one optical fibre that draws a refractive index change and this can cause a phase modulation in another optical signal in the same optical fibre. XPM occurs rather on the high-frequency side of the CATV frequency band that occupies the digital broadcast band. However, the effect is negligible if the wavelength distance is set to be apart.

Although SBS, SRS, SPM, and XPM are degradations due to the nonlinear effect in the fibre caused by the optical input power, the influence on the whole system performance can be minimized if the optical signal level and wavelength interval are appropriately selected.

Annex D (informative)

Measurement of parameters (R , I_{d0} , I_{eq} and G) required for RIN calculation

D.1 Measurement of the responsivity (R)

The responsivity (R) can be measured using the following procedure.

- A CW optical signal (unmodulated) shall be applied to the optical receiver setup.
- Measure the response of the photodiode using the following procedure:
 - adjust the optical attenuator to an optical level of +1 dB(mW) (P_{+1}), measured with the optical power meter;
 - after replacing the optical power meter by the optical receiver, measure the current (I_{+1}) of the photodiode using the current meter;
 - adjust the optical attenuator to obtain an optical input power of –1 dB(mW) (P_{-1}) and measure the corresponding current (I_{-1}).
- The responsivity (R) of the photodiode at 0 dB(mW) optical input can be calculated using the following equation:

$$R = \frac{I_{+1} - I_{-1}}{\frac{P_{+1}}{10^{10}} - \frac{P_{-1}}{10^{10}}} = \frac{I_{+1} - I_{-1}}{1,259 - 0,794} = \frac{I_{+1} - I_{-1}}{0,465} \quad [\text{A/W}] \quad (\text{D.1})$$

D.2 Measurement of dark current (I_{d0})

The dark current of the photodiode can be measured using the following procedure:

- turn off the optical input to the photodiode;
- under the normal biasing condition of the photodiode, measure the current (I_{d0}) through the photodiode.

NOTE The dark current is usually negligibly small and can be ignored in the calculation of RIN.

D.3 Measurement of equivalent noise current density (I_{eq})

The equivalent optical receiver input noise should be measured using the following procedure.

- Step a: while turning off the optical input under the normal biasing condition of the photodiode, measure the output noise power of the receiver using the NF meter. In general, the equivalent optical input noise is frequency dependent. Therefore, it is recommended to repeat this measurement for at least 3 different frequencies, $f_{\min}$ at the lowest transmission frequency, $f_{\max}$ at the highest transmission frequency and f_{mid} in the middle of the transmission frequency range. The noise figure meter will display 3 noise figures for these 3 frequencies, $F_{\text{NF},\min}$, $F_{\text{NF},\text{mid}}$ and $F_{\text{NF},\max}$.

- Step b: a CW optical signal shall be applied to the optical receiver setup via the optical attenuator. It is important to use a CW source with a very low value of RIN, which is lower than $-155 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$, in order to eliminate an impact of the RIN of the CW source on the next measurement. Otherwise, the RIN of the CW source shall be deducted from the noise measurement.
- Step c: the optical attenuator is adjusted to obtain a reading of the NF meter which is the reading of the measurement from step a + 3 dB, for example $F_{\text{NF}} = F_{\text{NF, min}} + 3 \text{ dB}$, for measuring the output noise at the lowest frequency.
- The 3 dB increase of the NF meter reading means that the output noise of the receiver comprises the shot noise of the photodiode and exactly the same amount of noise originating from the thermal noise of the receiver, $N_{\text{shot}} = N_{\text{thermal}}$, and corresponds to $I_{\text{sh}} = I_{\text{eq}}$.

NOTE This relationship is only true as long as the RIN of the source can be neglected.

- Step d: the shot noise current I_{sh} of the photodiode can be easily calculated after measuring the photodiode current: I_{dc} :

$$I_{\text{eq}} = I_{\text{sh}} = \sqrt{2 \cdot I_{\text{dc}} \cdot e} \quad (\text{D.2})$$

where

I_{eq} is the amplifier equivalent input noise current density, expressed in $\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$;

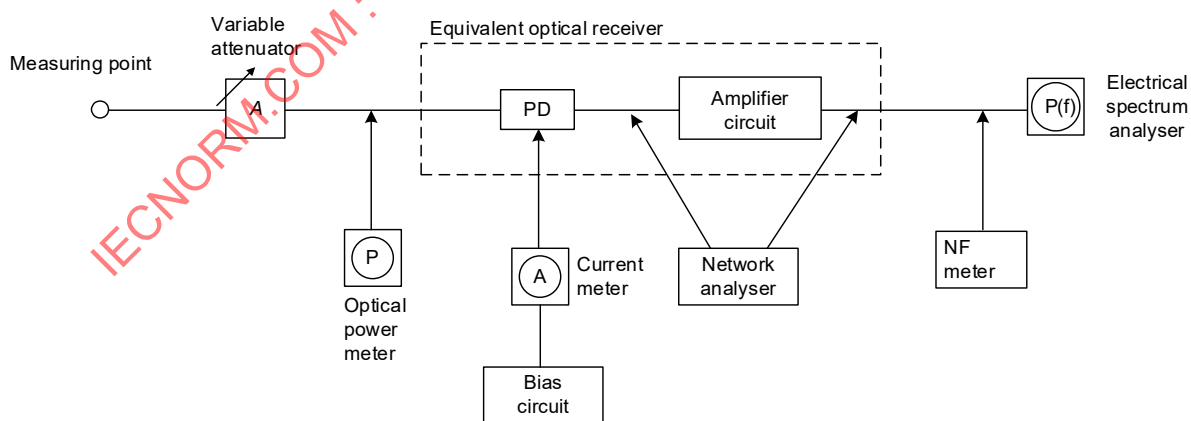
I_{sh} is the photodiode shot noise current density, expressed in A;

I_{dc} is the photodiode bias current, expressed in A;

e is the electron charge ($1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$).

D.4 Measurement of gain (G)

Use a network analyser for the measurement of the amplifier circuit gain (G), as shown in Figure D.1.



IEC

Figure D.1 – Measurement of gain (G)

Annex E (informative)

Measurement of peak and average signal levels of digitally modulated signals

E.1 General

BER is the primary parameter to characterize digitally modulated signals. SINR is another parameter used to characterize the digitally modulated signals in the RF band, which is based on the measurement of average noise power. However, the bit errors occurring in a digital system are caused by the probability of occurrence of pulse-like noise components, which depend on the devices and equipment that constitute the system. This implies that, for a given BER value, SINR can be different for different devices or equipment.

Statistical measurement methods such as CCDF (complementary cumulative distribution function) can be a useful measurement method for characterizing digitally modulated signals. The CCDF measurements provide the probability of occurrence of certain levels of peak power with respect to the average noise power. The peak-to-average ratio obtained using such RF measurements has been reported to have correlations with the symbol error ratio (SER), and thus can be used for characterizing digital signals at the output of devices, equipment and systems.

The OFDM signals can also be characterized using peak-to-average-power-ratio (PAPR). Since J.382-based systems use the OFDM modulation scheme, the PAPR is expected to be more than 10 dB, a level greater than the OFDM signals used in ISDB-T. It is also expected that the multi-carrier modulation adopted for J.382-based system leads to limitations on the total modulation index of optical transmitters.

The frequency multiplexed J.382-based signals with high PAPR values result in significant clipping distortion as verified through experiments. It is necessary to ensure proper modulation indexes of the optical transmitters because clipping distortion performance of J.382-based systems is more critical than with earlier systems for the same modulation index.

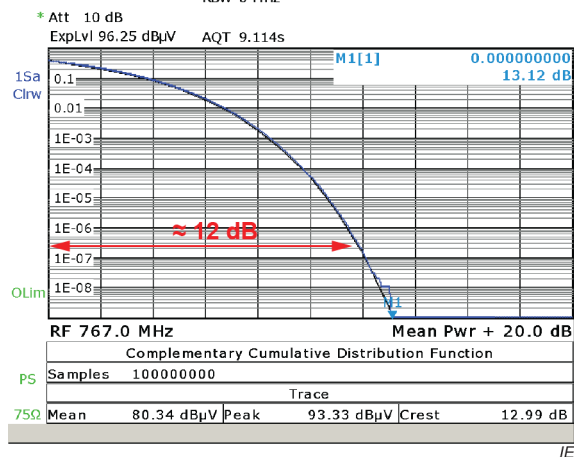
The extent of clipping distortion depends on the number of multiplexed channels and the combination of modulation schemes of the multiplexed signals. The CCDF measurement method described in this annex is an RF measurement method used for the performance evaluation of such digital systems.

E.2 Peak and average power measurement using CCDF

Typical CCDF curves for OFDM (ISDB-T), M-QAM (J.83 ISDB-C) and Gaussian noise are shown in Figure E.1. In the CCDF curves, the horizontal axis represents the relative power expressed in dB, with average power as the reference. The time rate at which the instantaneous power specified in the horizontal axis occurred during a given measurement time is represented in the vertical axis. In other words, a CCDF curve is defined by how much time the signal spends at the levels represented in the horizontal axis and is equivalent to the probability of occurrence for that particular power level. The probability of occurrence shown in the vertical axis is directly related to the SER of the digital signal.

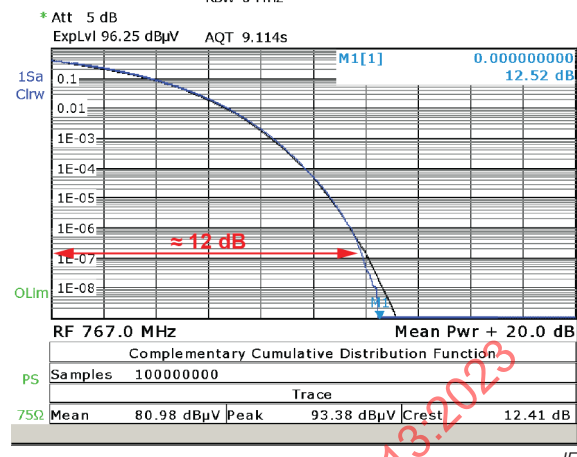
Figure E.1 shows the measurement results of CCDF, with all these signals adjusted to have equal average power. As can be observed from Figure E.1(a) and (b), the OFDM signal and Gaussian noise have similar signal components. For example, a peak power of about 13 dB higher than the average power occurred at a probability of 10^{-7} in both cases.

Ch: 140 767M RF 767.000000 MHz ISDB-T 6 MHz
RBW 6 MHz



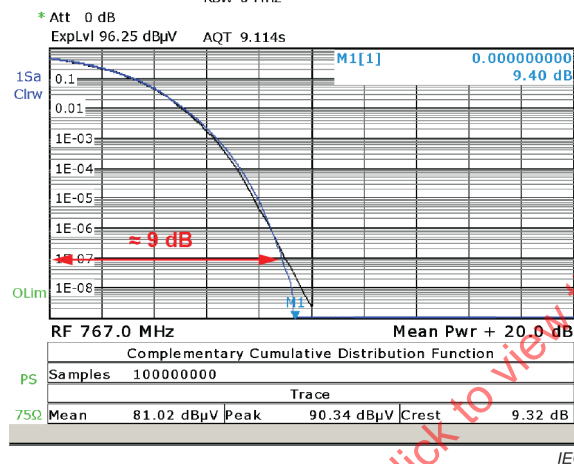
a) Gaussian noise

Ch: 140 767M RF 767.000000 MHz ISDB-T 6 MHz
RBW 6 MHz



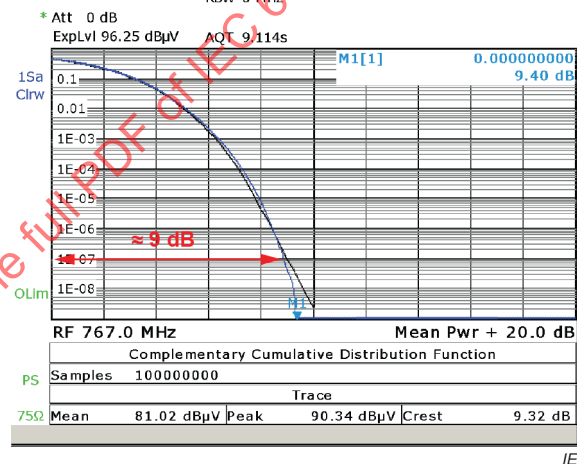
b) OFDM (ISDB-T)

Ch: 140 767M RF 767.000000 MHz J83 C
RBW 6 MHz



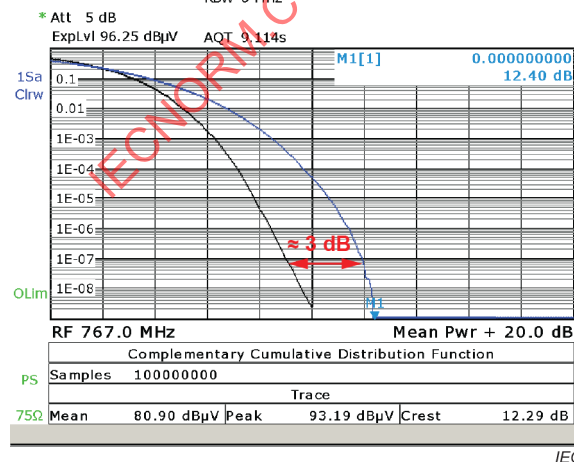
c) 64-QAM (J.83 ISDB-C)

Ch: 140 767M RF 767.000000 MHz J83 C
RBW 6 MHz



d) 256-QAM (J.83 ISDB-C)

Ch: 140 767M RF 767.000000 MHz J83 C
RBW 6 MHz



e) OFDM (ISDB-T) vs. 256-QAM (J.83 ISDB-C)

Figure E.1 – Typical CCDF curves for OFDM and M-QAM signals

The peak level at a given probability is about the same for 64-QAM and 256-QAM as shown in Figure E.1 c) and d). The peak power level of OFDM is 2 dB to 3 dB higher than the 256-QAM (6 MHz bandwidth J.83 ISDB-C) channel when the probability of occurrence is 10^{-7} as shown in Figure E.1 e). Thus, the peak power components, within the signal that causes the bit error, are different for different modulation schemes.

E.3 Measurement method of CCDF

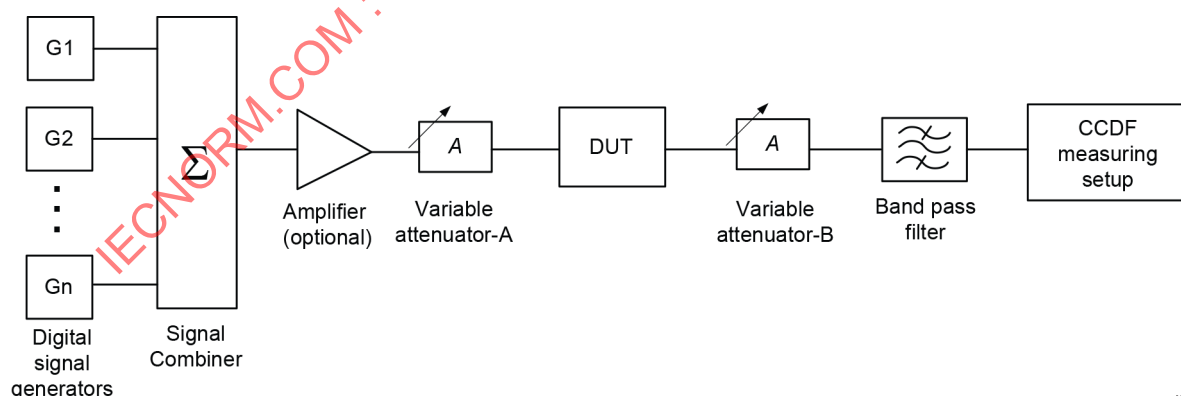
E.3.1 General

The method of measurement described in this clause is to measure the CCDF of digitally modulated signals in the RF domain for the estimation of bit error probability. The CCDF measurement function incorporated in most of the spectrum analysers may be used for the measurement. The measurement shall be performed on different parts of the spectrum, for example, VHF low band, VHF high band and UHF band, and the worst-case measurement result shall be used for the system design.

E.3.2 Measurement procedure

A typical measurement setup is shown in Figure E.2.

- Tune the measurement setup to the frequency of the measurement channel.
- Measure the performance of the test configuration by connecting directly the output of the variable attenuator A to the input of the variable attenuator B. Adjust the attenuation of the variable attenuators A and B to the values that allow the best performance of the measuring setup in terms of signal level within the intended range of measurement.
- Measure the signal average power input to the measuring setup, by following the method described in 6.5.
- Turn off the measurement channel and measure the CCDF of noise in the measurement channel.
- Using the variable attenuator A, increase/decrease the output level EUT, and decrease/increase the variable attenuator B by the same amount in order to obtain a constant input of the measuring setup. Measure the CCDF of noise for different output levels of the DUT.



IEC

Figure E.2 – CCDF measurement setup

E.3.3 Estimation of BER from the CCDF measurement result

- Figure E.3 shows a typical measurement result of CCDF due to intermodulation noise in a 256-QAM multi-channel transmission system. In the CCDF results shown in the Figure E.3, the mean value of 23,65 dB(μV) is defined as the reference level of 0 dB.
- Locate the measured average signal level as shown in Figure E.3. If the average signal level input to the measuring setup is, for example, 70 dB(μV), the average signal level will be at 46,35 dB in the horizontal axis, which is same as the SINR value as described in 6.9.
- Find the point of interception on the CCDF curve using a correction factor, 22,7 dB for the case of 256-QAM as shown in Figure E.3. Refer to Figure E.4 for the correction factors for other modulation schemes. This correction factor is equivalent to the SINR as obtained from the CCDF measurement.

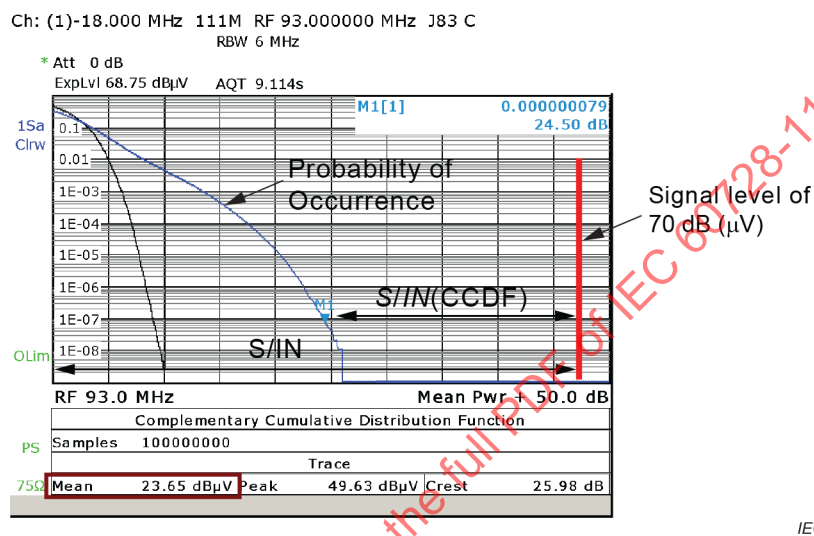


Figure E.3 – CCDF measurement example

- The corresponding value on the vertical axis of CCDF curve is the probability of occurrence of peak level shown in the horizontal axis, which is equivalent to the symbol error ratio.
- For the case of Gray encoded symbols, the relation between $BER(R_{BER})$ and $SER(R_{SER})$ of M-QAM signals can be approximated as shown in Equation (E.1).

$$R_{BER} \approx \frac{1}{\log_2 M} R_{SER} \quad (E.1)$$

where

M is the order of QAM modulation.

The correction factors for M-QAM signals can be gained from the SER vs SINR performance in an additive white Gaussian noise (AWGN) channel, as shown in Figure E.4, with the BPSK modulation as the reference.

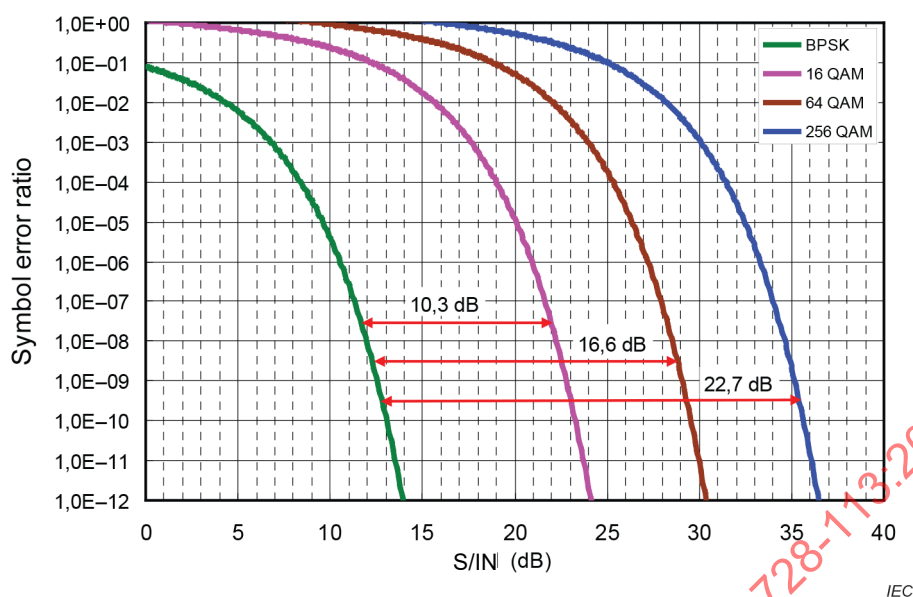
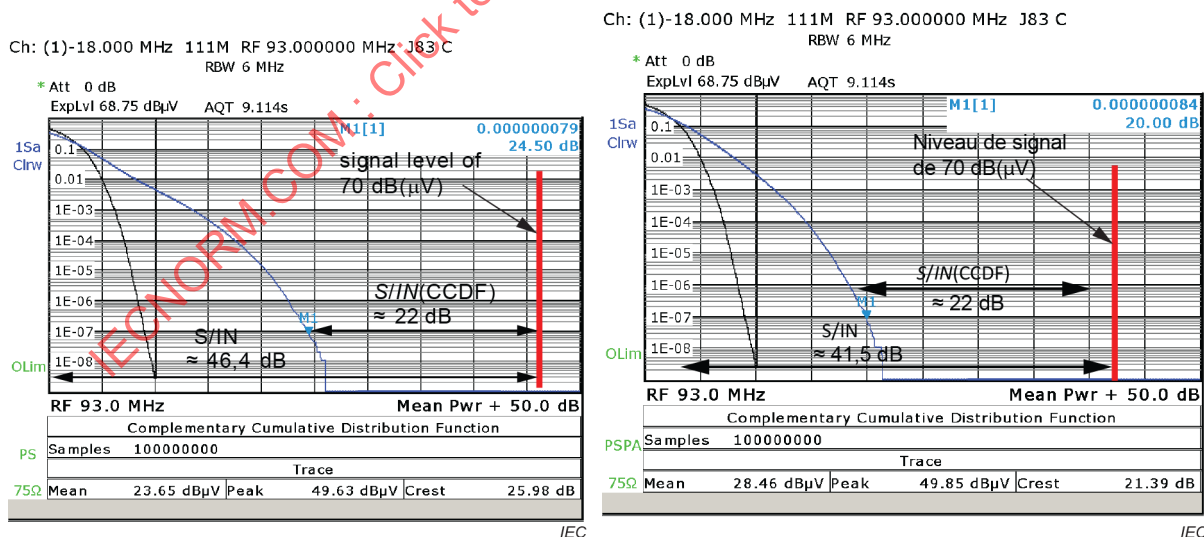


Figure E.4 – SER vs SINR performance in an AWGN channel

E.3.4 Examples of CCDF measurements

The CCDF measurement results for two kinds of RF amplifiers, DUT-1 and DUT-2, are shown in Figure E.5.

The SINR value, measured from average power measurement for a given BER, is different for different devices and equipment that constitute the system as shown in the measurement results. However, the SINR measured through CCDF is device-independent and is basically the same for all the devices.



a) DUT-1 (BER = 1,0E-8)

b) DUT-2 (BER = 1,0E-8)

Figure E.5 – Example of CCDF measurements

E.4 Performance evaluation of the FTTH system

E.4.1 General

Unlike adding up of SINR due to Gaussian noise of cascaded amplifiers, the CCDF performance due to intermodulation noise cannot be added up to find the end-to-end performance of the system shown in Figure E.6. Also, the optical signal transmitted from the headend is split and connected to the V-ONU installed within the subscribers' premises. The signal evaluation using CCDF is considered to be performed at the output of the optical transmitter, input/output of optical amplifiers and output of the optical splitter in the system.

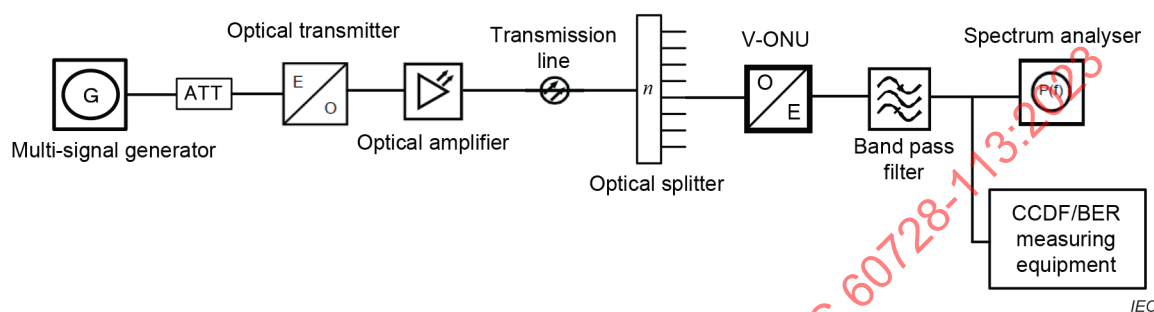


Figure E.6 – Performance evaluation of digital optical signals in the FTTH system

E.4.2 Evaluation procedure

The CCDF measurement function of the spectrum analyser can be used; measure the CCDF and BER following the procedure described below.

- Turn off the measurement signal as illustrated in Figure E.7, and conduct the CCDF measurement following the method described in Clause E.3.
- Measure the CCDF performance at different signal power levels.
- SINR values, measured using average signal level and average intermodulation noise level, may be recorded for reference purpose at different signal power levels.
- The measurements may be repeated for signals with all other modulation schemes. From the CCDF measured in the actual FTTH system, the BER values can be estimated using the procedure described in E.3.3.

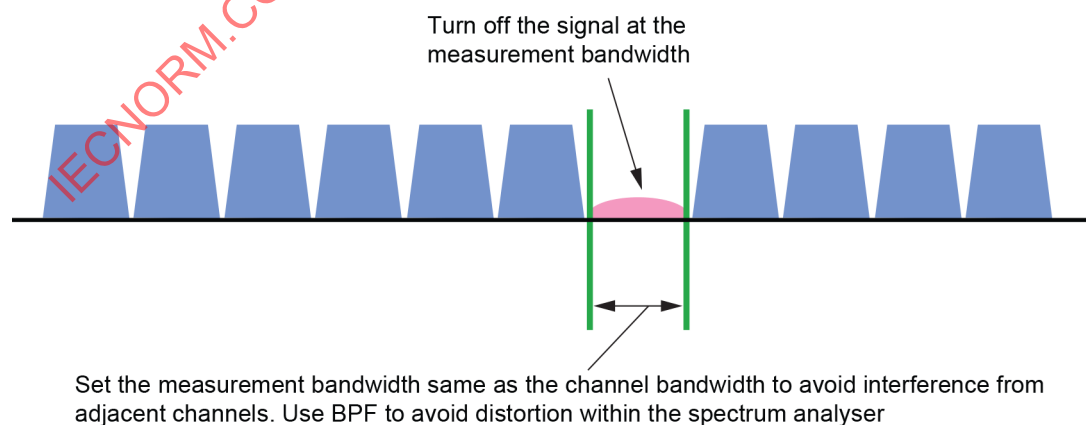


Figure E.7 – CCDF measurement bandwidth

E.5 Potential sources of error

The estimation of BER from the CCDF measurements is done through several approximations described in this annex.

The frequency characteristics of the IF filter in the CCDF measuring equipment is not considered in the measurement. Also, an ideal carrier, frame and symbol synchronization is assumed, and the effects of these assumptions are ignored in the above measurements.

The measurement method of CCDF and appropriate conversion factors, for ISDB-C/DVB-C signals as examples, is described in this annex. Similar measurement methods need to be developed for ISDB-C2/DVB-C2 and other types of modulation schemes.

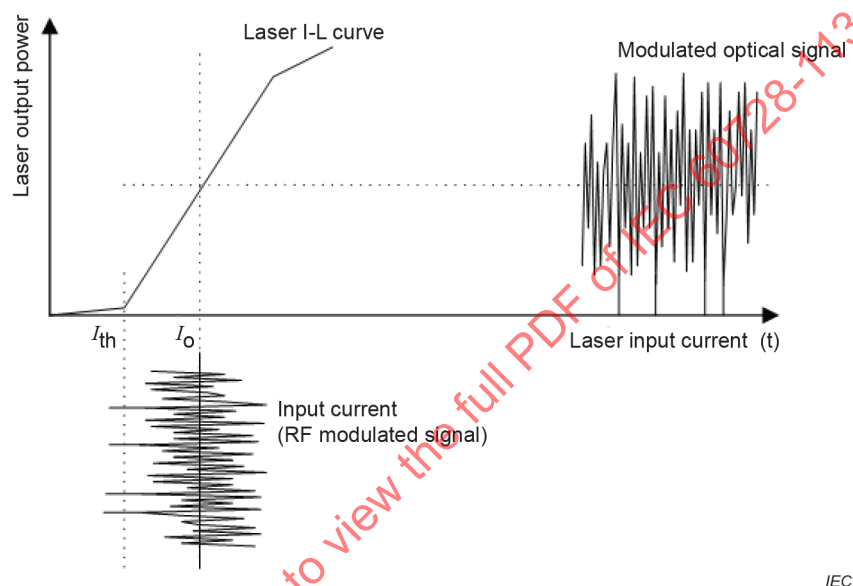
The noise due to intermodulation distortion in a digital transmission system has pattern dependency, which is not necessarily a steady-state noise. Therefore, sufficiently longer measurement time or larger number sampling is necessary to make reasonably accurate measurements, particularly for the measurement of $BER < 1,0 \times 10^{-9}$.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

Annex F (informative)

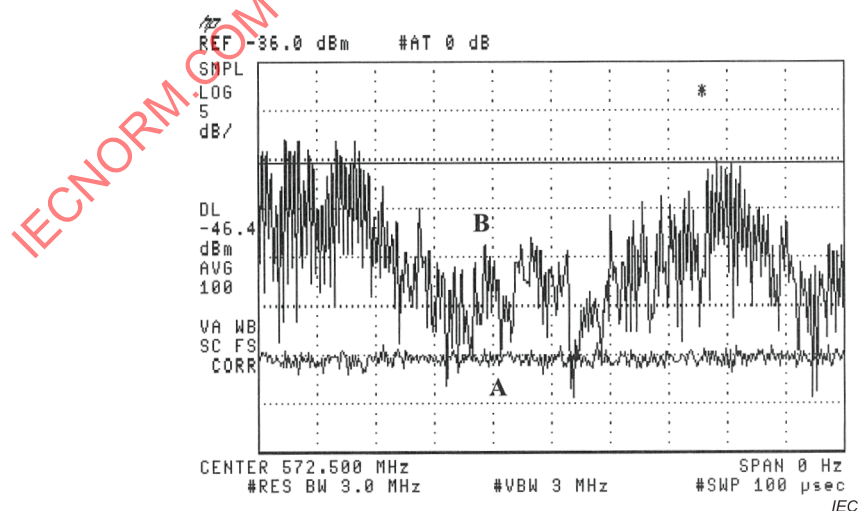
Clipping noise

Clipping noise is produced by overloading a laser diode. In the case of a single sine wave, the expected peak factor (power difference between average power and peak power) is 3 dB. With digital modulation, the peak factor becomes sometimes 10 dB or more. For example, using 64-QAM with 30 Mbps, the peak factor becomes 10,2 dB. The relation (I-L curve) between injected current (I) and optical output (L) under static conditions shows a threshold as shown in Figure F.1. In order to work with the laser in stimulated emission, the modulating current shall be chosen within the linear region of the I-L curve. Clipping noise is detected as CSO distortion, however, the level of clipping noise is very changeable, as shown in Figure F.2.



IEC

Figure F.1 – Clipping effects in laser diode static curve (IL curve)



IEC

SOURCE: *IEEE photonics technology letters* 10, 1174-1176, S. Ovadia, 1998, reproduced with the permission of the authors

Figure F.2 – Clipping noise, zero span, sweep time 100 μs

Annex G (informative)

Relation between SINR degradation and rain attenuation

G.1 Relation between SINR and G/T

The ratio of antenna aerial gain to the noise temperature of a receiving system, $G/T(R_{G/T})$, is related to $SINR(R_{SIN})$ by Equation (G.1) and Equation (G.2):

$$R_{G/T} = \left[\frac{R_{SIN} \cdot K \cdot B}{P_{EIR} \cdot L_S \cdot R \cdot N_U} \right] \text{ [dB/K]} \quad (G.1)$$

The R_{SIN} is given by

$$R_{SIN} = \left[\frac{R_{G/T} \cdot P_{EIR} \cdot L_S \cdot R \cdot N_U}{K \cdot B} \right] \text{ [dB]} \quad (G.2)$$

where

- K is Boltzmann's constant, 1.38×10^{-23} [J/K];
- B is the channel bandwidth, expressed in Hz;
- P_{EIR} is the equivalent isotropically radiated power, expressed in W;
- L_S is the propagation loss in the free space; expressed in dB;
- R is the rain attenuation; expressed in dB;
- N_U is the receiving SINR degradation due to uplink SINR, expressed in dB.

$R_{G/T}$ can be expressed with Equation (G.3):

$$R_{G/T} = \left[\frac{\alpha \cdot \beta \cdot G_r}{\alpha \cdot T_a + (1 - \alpha) \cdot T_0 + (F - 1) \cdot T_0} \right] = \left[\frac{\alpha \cdot \beta \cdot G_r}{\alpha \cdot T_a + (F - \alpha) \cdot T_0} \right] \text{ [dB/K]} \quad (G.3)$$

where

- α is the coupling loss, expressed in dB;
- β is the pointing loss; expressed in dB;
- G_r is the gain of the receiving antenna, expressed in dB;
- T_a is the noise temperature of the receiving antenna, expressed in K;
- T_0 is the reference temperature, 290 K;
- F is the noise figure of the receiving system, expressed in dB.

G.2 SINR degradation of satellite receiving system due to rain attenuation

SINR degradation due to rain attenuation is defined as the difference between SINR during clear weather and SINR during rainy weather.

$$D_{\text{SINR}} (\text{SINR degradation}) = R_{\text{SIN},1} - R_{\text{SIN},2}$$

D_{SINR} is given by Equation (G.4):

$$\begin{aligned} D_{\text{SINR}} &= R_{\text{SIN},1} - R_{\text{SIN},2} \\ &= 10 \lg \left[\frac{R_{G/T,1} \cdot P_{\text{EIR}} \cdot L_S \cdot N_U}{K \cdot B} \right] - 10 \lg \left[\frac{R_{G/T,2} \cdot P_{\text{EIR}} \cdot L_S \cdot R \cdot N_U}{K \cdot B} \right] \quad [\text{dB}] \\ &= 10 \lg [R_{G/T,1}] - 10 \lg [R_{G/T,2}] - 10 \lg [R] \\ &= 10 \lg \left[\frac{\alpha \cdot T_{a2} + (F - \alpha) \cdot T_0}{\alpha \cdot T_{a1} + (F - \alpha) \cdot T_0} \right] - 10 \lg [R] \end{aligned} \quad (\text{G.4})$$

where

$R_{\text{SIN},1}$ is the SINR value during clear weather;

$R_{\text{SIN},2}$ is the SINR value during rainy weather;

$R_{G/T,1}$ is the G/T value during clear weather;

$R_{G/T,2}$ is the G/T value during rainy weather.

Assuming the noise temperature, T_{a1} , of the receiving antenna during clear weather to be 50 K, the noise temperature, T_{a2} , of the receiving antenna during rainy weather can be expressed by the following relation:

$$T_{a2} = 50 \cdot R + (1 - R) \cdot T_0 \quad (\text{G.5})$$

Bibliography

IEC 60050-191³, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050-702, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 702: Oscillations, signals and related devices*

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

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*
(available at <https://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60728-1-2, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 1-2: Performance requirements for signals delivered at the system outlet in operation*

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

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

IEC 60728-5, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 5: Headend equipment*

IEC 60728-10, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 10: System performance of return paths*

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

IEC 60728-13-1, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 13-1: Bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH system*

IEC 60728-14, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 14: Optical transmission systems using RFoG technology*

IEC 60874-14-2, *Connectors for optical fibres and cables – Part 14-2: Detail specification for fibre optic connector type SC/PC tuned terminated to single-mode fibre type B1*

IEC 60875-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Non-wavelength-selective fibre optic branching devices – Part 1: Generic specification*

IEC 61280-2-2, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement*

IEC 61280-2-9, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 2-9: Digital systems – Optical signal-to-noise ratio measurement for dense wavelength-division multiplexed systems*

³ Withdrawn.

IEC 61281-1, *Fibre optic communication subsystem – Part 1: Generic Specification*

IEC 61290-1-2, *Optical amplifiers – Test methods – Part 1-2: Power and gain parameters – Electrical spectrum analyzer method*

IEC 61290-1-3, *Optical amplifiers – Test methods – Part 1-3: Power and gain parameters – Optical power meter method*

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

IEC 61754-13, *Fibre optic connector interfaces – Part 13: Type FC-PC connector*

IEC TR 61930:1998, *Fibre optic graphical symbology*

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

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet*

ITU-T Recommendation J.61, *Transmission performance of television circuits designed for use in international connections*

ITU-T Recommendation J.63, *Insertion of test signals in the field-blanking interval of monochrome and colour television signals*

ITU-T Recommendation J.186, *Transmission equipment for multi-channel television signals over optical access networks by sub-signal multiplexing (SCM)*

ITU-T Recommendation G. 983.3, *A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation*

ITU-T Recommendation G.984.1, *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics*

ETSI TS 102 991, *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines for a second generation digital cable transmission system (DVB-C2)*

ETSI EN 300 019-1-4, *Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment – Part 1-4: Classification of environmental conditions: Stationary use at non-weather protected locations*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	111
INTRODUCTION.....	113
1 Domaine d'application	114
2 Références normatives	114
3 Termes, définitions, symboles graphiques et abréviations.....	116
3.1 Termes et définitions	116
3.2 Symboles graphiques.....	123
3.3 Abréviations.....	124
4 Modèle de référence du système optique.....	126
4.1 Vue d'ensemble	126
4.2 Modèle de référence du système DFA général.....	126
4.3 Modèles de référence des systèmes optiques pour les transmissions de signaux de radiodiffusion	129
4.3.1 Longueur d'onde optique pour le système DFA	129
4.3.2 Modèles de référence	129
4.4 Points de performance spécifiés pour le système optique	130
5 Préparation des mesurages	131
5.1 Conditions d'environnement	131
5.1.1 Conditions normales de mesurage	131
5.1.2 Température et humidité.....	131
5.1.3 Dispositif de mesure et du système à l'essai.....	131
5.1.4 Fonctionnement en mode CAG/ALC	131
5.1.5 Adaptation d'impédance entre les équipements	131
5.1.6 Conditions normales de fonctionnement	131
5.1.7 Signal normalisé et matériels de mesure	131
5.2 Exactitude des matériels de mesure.....	132
5.3 Puissance de la source	132
6 Méthodes de mesurage	132
6.1 Points et paramètres de mesure	132
6.1.1 Généralités.....	132
6.1.2 Points de mesure.....	133
6.1.3 Paramètres mesurés.....	133
6.2 Exigence générale de mesurage	134
6.2.1 Généralités.....	134
6.2.2 Spécification des caractéristiques d'entrée	134
6.2.3 Conditions normales de mesurage	134
6.2.4 Précautions pour le mesurage	135
6.3 Puissance optique.....	135
6.3.1 Généralités.....	135
6.3.2 Dispositif de mesure	135
6.3.3 Méthode de mesurage	136
6.3.4 Précautions pour le mesurage	136
6.3.5 Présentation des résultats	137
6.4 Longueur d'onde optique.....	137
6.4.1 Introduction	137
6.4.2 Méthode de mesurage	137

6.4.3	Présentation des résultats	137
6.5	Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) inférieur à 1 GHz	138
6.5.1	Généralités	138
6.5.2	Dispositif de mesure	138
6.5.3	Conditions de mesurage	138
6.5.4	Précautions pour le mesurage	138
6.5.5	Présentation des résultats	139
6.6	Bruit d'intensité relatif (RIN) du signal optique	139
6.6.1	Généralités	139
6.6.2	Dispositif de mesure	140
6.6.3	Conditions de mesurage	140
6.6.4	Méthode de mesurage du RIN du système	141
6.6.5	Calcul du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit en fonction de la valeur RIN	142
6.6.6	Calcul du RIN des composants	142
6.6.7	Exemple de calcul du SINR	145
6.7	Indice de modulation optique	146
6.8	Écart diaphonique (SCR)	146
6.8.1	Généralités	146
6.8.2	Matériel exigé	147
6.8.3	Exigences générales pour le mesurage	147
6.8.4	Procédure	147
6.8.5	Sources d'erreur possibles	148
6.8.6	Présentation des résultats	148
6.9	Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) RF des signaux de radiodiffusion par satellite	148
6.9.1	Généralités	148
6.9.2	Dispositif de mesure	149
6.9.3	Matériel exigé	149
6.9.4	Procédure de mesurage	149
6.9.5	Présentation des résultats	150
6.10	Taux d'erreur binaire (TEB) du système	150
6.10.1	Vue d'ensemble	150
6.10.2	Raccordement du matériel	150
6.10.3	Procédure de mesurage	151
6.10.4	Présentation des résultats	151
6.11	Mesurage du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) par rapport au taux d'erreur binaire (TEB)	151
6.11.1	Généralités	151
6.11.2	Raccordement du matériel	151
6.11.3	Présentation des résultats	153
6.12	Marges d'immunité au bruit du système	154
6.12.1	Généralités	154
6.12.2	Raccordement du matériel	154
6.12.3	Procédure de mesurage	155
6.12.4	Présentation des résultats	155
6.13	Rapport d'erreur de modulation (MER)	156
6.13.1	Généralités	156
6.13.2	Raccordement du matériel	156
6.13.3	Procédure de mesurage	157

6.13.4	Présentation des résultats	157
6.14	Caractéristiques des fréquences dans la bande entre le module d'émission optique et le V-ONU.....	157
6.14.1	Vue d'ensemble	157
6.14.2	Dispositif de mesure	157
6.14.3	Méthode de mesurage	158
6.14.4	Présentation des résultats	158
7	Spécification du système optique pour la transmission de signaux de radiodiffusion.....	159
7.1	Système de radiodiffusion numérique par réseau optique	159
7.2	Niveaux du signal RF au niveau de la prise d'abonné	159
7.3	Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF et attribution des performances.....	160
7.4	Relation entre le RIN et le SINR.....	165
7.4.1	Types de services de radiodiffusion	165
7.4.2	Types de services de radiodiffusion et niveau de signal relatif	167
7.4.3	Exigences de performance relatives au RIN.....	168
7.5	Longueur d'onde optique.....	170
7.6	Fréquence de la source de signal	171
7.7	Différence de niveau entre deux canaux adjacents.....	171
7.8	TEB à l'entrée de tête de réseau.....	173
7.9	MER	173
7.10	Spécification du SINR pour le câblage interne des logements et des immeubles	174
7.11	Caractéristiques des fréquences dans la bande	176
7.12	Brouillages des signaux électriques	177
7.13	Diaphonie du fait de la non-linéarité des fibres optiques	180
7.14	Brouillages induits par le bruit d'intermodulation provoqué par la non- linéarité de la fibre	180
7.15	Conditions d'environnement	181
Annexe A (informative)	Considérations concernant les systèmes de services réels et la conception	182
A.1	Généralités	182
A.2	Système de services multicanaux	182
A.2.1	Généralités	182
A.2.2	Conditions de fonctionnement.....	183
A.2.3	Environnement de fonctionnement.....	183
A.3	Système de service de retransmission	184
A.3.1	Généralités	184
A.3.2	Conditions de fonctionnement.....	184
A.3.3	Environnement de fonctionnement	185
A.4	Calcul du SINR du réseau optique	185
A.5	Modèle de référence du système	186
A.6	Conseils pour le fonctionnement réel	190
A.6.1	Fonctionnement optimal.....	190
A.6.2	Problèmes clés à spécifier	190
Annexe B (informative)	Méthode de mesurage du taux d'erreur binaire par extrapolation.....	192
Annexe C (informative)	Dégradations du système optique	194
C.1	Facteurs de dégradation du système.....	194

C.2	Dégradation non linéaire	195
C.2.1	Facteurs de dégradation	195
C.2.2	Diffusion de Brillouin stimulée (SBS)	196
C.2.3	Diffusion de Raman stimulée (SRS)	196
C.2.4	Automodulation de phase (SPM)	200
C.2.5	Transmodulation de phase (XPM)	200
Annexe D (informative) Mesurage des paramètres (R , I_{d0} , I_{eq} et G) exigés pour le calcul du RIN		201
D.1	Mesurage de la sensibilité (R)	201
D.2	Mesurage du courant d'obscurité (I_{d0})	201
D.3	Mesurage de la densité du courant équivalente au bruit (I_{eq})	201
D.4	Mesurage du gain (G)	202
Annexe E (informative) Mesurage des niveaux de signaux de crête et moyens pour les signaux à modulation numérique		203
E.1	Généralités	203
E.2	Mesurage de la puissance de crête et moyenne au moyen de la fonction de distribution cumulative complémentaire	204
E.3	Méthode de mesurage de la fonction de distribution cumulative complémentaire	206
E.3.1	Généralités	206
E.3.2	Procédure de mesurage	206
E.3.3	Estimation du taux d'erreur binaire à partir des mesures de la fonction de distribution cumulative complémentaire	207
E.3.4	Exemples de mesures de la fonction de distribution cumulative complémentaire	208
E.4	Évaluation des performances du système DFA	209
E.4.1	Généralités	209
E.4.2	Procédure d'évaluation	209
E.5	Sources d'erreur possibles	210
Annexe F (informative) Bruit d'écrêtage		211
Annexe G (informative) Relation entre la dégradation du SINR et l'affaiblissement par la pluie		212
G.1	Relation entre SINR et G/T	212
G.2	Dégradation du SINR du système de réception par satellite due à l'affaiblissement par la pluie	213
Bibliographie		214
Figure 1 – Exemple de système DFA pour la transmission de signaux de télévision et de signaux de radiodiffusion sonore		128
Figure 2 – Système de télévision par câble DFA qui utilise une longueur d'onde		130
Figure 3 – Système de télévision par câble DFA qui utilise deux longueurs d'onde		130
Figure 4 – Points de performance spécifiés pour le système optique		130
Figure 5 – Système type de distribution par signaux vidéo optiques		133
Figure 6 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la puissance optique à l'aide d'un filtre de longueur d'onde		135
Figure 7 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la puissance optique à l'aide d'un coupleur MRL		136
Figure 8 – Mesurage d'une longueur d'onde optique sans coupleur MRL		137
Figure 9 – Mesurage d'une longueur d'onde optique avec un coupleur MRL		137

Figure 10 – Dispositif d'essai pour le mesurage du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF	138
Figure 11 – Dispositif d'essai pour le mesurage du RIN	140
Figure 12 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la diaphonie	147
Figure 13 – Dispositif pour le mesurage du SINR de signaux de radiodiffusion par satellite	149
Figure 14 – Dispositif d'essai pour le mesurage du TEB.....	151
Figure 15 – Dispositif d'essai pour la procédure de mesurage du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) par rapport au taux d'erreur binaire (TEB)	152
Figure 16 – Méthode de mesurage du taux d'erreur binaire par extrapolation.....	153
Figure 17 – Exemple de caractéristiques du SINR par rapport au TEB.....	154
Figure 18 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la marge d'immunité au bruit du système	155
Figure 19 – Exemple de caractéristiques de marge d'immunité au bruit du système.....	156
Figure 20 – Dispositif d'essai pour le mesurage du MER.....	156
Figure 21 – Exemple de résultat pour le mesurage du MER (format de modulation 64-QAM)	157
Figure 22 – Dispositif pour le mesurage des caractéristiques des fréquences dans la bande	158
Figure 23 – Exemple de mesure des caractéristiques des fréquences dans la bande.....	158
Figure 24 – Points de performance spécifiés.....	159
Figure 25 – Niveau de signal admis de deux canaux adjacents (ISDB-T, ISDB-C et ISDB-C2)	172
Figure 26 – SINR de section pour le câblage des SDU (spécifié par un signal électrique)	175
Figure 27 – SINR de section pour le câblage des MDU (spécifié par un signal électrique)	176
Figure 28 – SINR de section pour le câblage des MDU (spécifié par un signal optique)	176
Figure 29 – Différence de niveau de signal avec un signal brouilleur de 3 ^e ordre (ISDB-T)	178
Figure 30 – Différence de niveau de signal avec un signal brouilleur de 3 ^e ordre (ISDB-C 64-QAM)	178
Figure 31 – Différence de niveau de signal avec un signal brouilleur de 3 ^e ordre (ISDB-C 256-QAM)	179
Figure 32 – Différence de niveau entre le signal et le signal réfléchi (écho) (ISDB-T).....	179
Figure 33 – Différence de niveau entre le signal et le signal réfléchi (écho) (ISDB-C 64-QAM)	179
Figure 34 – Différence de niveau entre le signal et le signal réfléchi (écho) (ISDB-C 256-QAM)	180
Figure A.1 – Exemple de système de services multicanaux composé d'un million de terminaux.....	182
Figure A.2 – Exemple de système de services multicanaux composé de 2 000 terminaux.....	183
Figure A.3 – Exemple de système de service de retransmission composé de 72 terminaux.....	184
Figure A.4 – Exemple de système de service de retransmission composé de 144 terminaux	184
Figure A.5 – Calcul des performances d'un système selon le modèle 1	188
Figure A.6 – Calcul des performances d'un système selon le modèle 4.....	189

Figure B.1 – Méthode de mesurage du taux d'erreur binaire par extrapolation	192
Figure B.2 – Caractéristiques du taux d'erreur binaire pour 256-QAM, 1 024-QAM et 4 096-QAM (méthode de mesurage par extrapolation)	193
Figure C.1 – Modèle de réflexion	194
Figure C.2 – Facteurs de dégradation d'un système de transmission optique	195
Figure C.3 – Image de la génération de la diffusion de Brillouin stimulée	196
Figure C.4 – Brouillages entre deux longueurs d'onde	197
Figure C.5 – Simulation SRS (puissance de transmission du terminal de ligne optique par rapport au D/U)	198
Figure C.6 – Simulation SRS (D/U en unités arbitraires par rapport à la longueur de fibre)	198
Figure C.7 – Longueur de fibre de la première valeur de crête du D/U pendant la diffusion de Raman stimulée par rapport à la fréquence	199
Figure C.8 – Spectre du diagramme GE-PON à l'état inactif (ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017 1 000 Base-PX) (62,5 MHz = 1 250 Mbit/s/20 bits)	199
Figure D.1 – Mesurage du gain (G)	202
Figure E.1 – Courbes types des signaux OFDM et M-QAM de la fonction de distribution cumulative complémentaire	205
Figure E.2 – Dispositif de mesure de la fonction de distribution cumulative complémentaire	206
Figure E.3 – Exemple de mesure de la fonction de distribution cumulative complémentaire	207
Figure E.4 – Performances du SER par rapport au SINR dans un canal AWGN	208
Figure E.5 – Exemples de mesures de la fonction de distribution cumulative complémentaire	208
Figure E.6 – Évaluation des performances des signaux optiques numériques dans le système DFA	209
Figure E.7 – Largeur de bande de mesure de la fonction de distribution cumulative complémentaire	210
Figure F.1 – Effets d'écrtage sur la courbe statique d'une diode laser (courbe I-L)	211
Figure F.2 – Bruit d'écrtage, largeur de balayage zéro, temps de balayage 100 μ s	211
Tableau 1 – Niveau des signaux RF	120
Tableau 2 – Longueur d'onde optique pour le système DFA	129
Tableau 3 – Plage de fréquences	129
Tableau 4 – Matériels de mesure	132
Tableau 5 – Points de mesure et paramètres mesurés	134
Tableau 6 – Paramètres utilisés pour le calcul du SINR	144
Tableau 7 – Largeur de bande de bruit pour le signal RF	146
Tableau 8 – Niveaux du signal numérique au niveau de la prise d'abonné	160
Tableau 9 – SINR minimal (cas des SDU)	161
Tableau 10 – SINR minimal (cas des MDU)	162
Tableau 11 – Exigences minimales concernant le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF, en fonctionnement	163
Tableau 12 – Types de services de radiodiffusion	166
Tableau 13 – Types de services de radiodiffusion et niveau de signal relatif	168

Tableau 14 – Valeurs de RIN minimales en fonctionnement pour des services de radiodiffusion numérique utilisant la bande de fréquences inférieure à 1 000 MHz	168
Tableau 15 – Types de services et valeurs minimales de RIN en fonctionnement pour des services par satellite	169
Tableau 16 – Performances relatives à la longueur d'onde optique et à la puissance optique	170
Tableau 17 – Performances minimales de MER ^a pour les systèmes DFA	174
Tableau 18 – SINR de section pour le câblage interne du logement/de l'immeuble	175
Tableau 19 – Spécification des caractéristiques des fréquences dans la bande	176
Tableau 20 – Limites pour les brouillages des signaux électriques dans les canaux.....	177
Tableau 21 – Niveau des brouillages induits par la non-linéarité de la fibre	181
Tableau 22 – Conditions d'environnement.....	181
Tableau A.1 – Conditions de fonctionnement d'un système de services multicanaux.....	183
Tableau A.2 – Conditions de fonctionnement d'un système de service de retransmission	185
Tableau A.3 – Paramètres de base du système pour les systèmes de services multicanaux et de services de retransmission	187
Tableau C.1 – Paramètres des perturbations de la diaphonie de Raman.....	196

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE DISTRIBUTION PAR CÂBLES POUR SIGNAUX
DE TÉLÉVISION, SIGNAUX DE RADIODIFFUSION SONORE
ET SERVICES INTERACTIFS –****Partie 113: Systèmes optiques pour la transmission de
signaux de radiodiffusion 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 60728-113 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.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2018 et l'IEC 60728-13-1:2017. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) l'IEC 60728-13-1, qui traite de l'extension de la largeur de bande pour les signaux de diffusion sur les systèmes DFA, a été fusionnée avec le présent document;
- b) un tableau qui indique le niveau du signal numérique au niveau de la prise d'abonné (Tableau 8) a été ajouté.

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

Projet	Rapport de vote
100/3900/FDIS	100/3920/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.

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.

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.

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.

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

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 utilisateur (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 113: Systèmes optiques pour la transmission de signaux de radiodiffusion soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60728 s'applique aux systèmes de transmission optique pour la transmission de signaux de radiodiffusion, qui se composent de l'équipement de la tête de réseau, des lignes de transmission optique, des câblages internes et des prises d'abonnés. Ces systèmes sont essentiellement destinés aux signaux de télévision et aux signaux de radiodiffusion sonore qui utilisent une technologie de transmission numérique. Le présent document spécifie les paramètres de base du système et les méthodes de mesurage des systèmes de distribution optique entre l'équipement de la tête de réseau et les prises d'abonnés, afin d'évaluer les performances du système et ses limites de performances.

Dans le présent document, la fréquence supérieure du signal est limitée à 3 300 MHz environ.

La présente partie de l'IEC 60728 a pour objet de décrire les spécifications des systèmes des réseaux de desserte par fibre de l'abonné (DFA) pour la transmission de signaux de radiodiffusion à modulation numérique. Le présent document s'applique également à la transmission des signaux de radiodiffusion qui utilisent un réseau de télécommunication, si celui-ci respecte les performances de la portion optique du système défini dans le présent document. Le présent document décrit la transmission des signaux RF en tant que signaux de radiodiffusion générale et de radiodiffusion ciblée (distribution des signaux de radiodiffusion dans une zone limitée) entièrement numérisés sur les réseaux DFA et introduit le système xPON comme support de la couche physique. La description précise de la couche physique ne relève pas du domaine d'application du présent document. Le domaine d'application se limite à la transmission des signaux vidéo RF en aval sur les réseaux DFA; les technologies de transport par protocole Internet (IP), comme la multidiffusion IP et les protocoles associés, qui exigent un système de transmission optique bidirectionnelle, ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Certains des effets de brouillage qui se produisent entre le système de télécommunication et le système de radiodiffusion sont traités à l'Article 7.

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 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60728-1:2014, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 1: Performance des systèmes de voie directe*

IEC 60728-6:2011, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 6: Matériels optiques*

IEC TR 60728-6-1:2006, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6-1: System guidelines for analogue optical transmission systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 60728-101:2016, *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 60825-1, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

IEC 60825-2, *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)*

IEC 60825-12, *Sécurité des appareils à laser – Partie 12: Sécurité des systèmes de communications optiques en espace libre utilisés pour la transmission d'informations*

IEC 61280-1-1:2013, *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, *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques – Partie 1-3: Sous-systèmes généraux de télécommunication – Mesure de la longueur d'onde centrale, de la largeur spectrale et des caractéristiques spectrales supplémentaires*

IEC 61755-1:2005, *Interfaces optiques avec connecteurs pour fibres optiques – Partie 1: Interfaces optiques pour fibres monomodales à dispersion non décalée – Généralités et lignes directrices*

Recommandation UIT-T G.692, *Interfaces optiques pour systèmes multicanaux avec amplificateurs optiques*

Recommandation UIT-T G.694.2, *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueur d'onde: grille espacée CWDM*

Recommandation UIT-T J.83, *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données*

Recommandation UIT-T J.183, *Multiplexage temporel de plusieurs flux de transport MPEG-2 et formats génériques des flux de transport sur les systèmes de télévision par câble*

Recommandation UIT-T J.382, *Systèmes évolués de transmission numérique vers l'aval de services télévisuels, radiophoniques et de données pour la distribution par câble*

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

TEB

taux d'erreur binaire

rapport entre le nombre de bits erronés et le nombre total de bits émis

[SOURCE: IEC 60728-1:2014, 3.1.9]

3.1.2

longueur d'onde centrale

moyenne des longueurs d'onde auxquelles l'amplitude d'une source de lumière atteint la moitié de l'amplitude maximale ou finit de diminuer jusqu'à celle-ci

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.23, modifié – La modification de la version anglaise ne concerne pas la version française.]

3.1.3

rapport D/U

rapport des brouillages sur une ou plusieurs fréquences du niveau de signal utile sur le niveau de signal indésirable

Note 1 à l'article: Le rapport du niveau de signal utile, $D(\text{dB}(\mu\text{V}))$, sur le niveau de signal indésirable, $U(\text{dB}(\mu\text{V}))$ est donné par

$$D/U \text{ (dB)} = D - U$$

Note 2 à l'article: Le signal utile et le signal indésirable peuvent aussi être exprimés en dB(mW).

Note 3 à l'article: Le rapport D/U est généralement utilisé pour les brouillages sur plusieurs fréquences comme les produits composites du deuxième ordre (CSO, *Composite Second Order*) et les produits composites à triple battement (CTB, *Composite Triple Beat*), ainsi que pour les brouillages sur une fréquence comme les écarts diaphoniques (SCR, *Signal-to-Crosstalk Ratio*).

Note 4 à l'article: Noter la similitude de la définition avec celle du SINR (3.1.20).

3.1.4

MER

rapport d'erreur de modulation

somme de la séquence composée des amplitudes des vecteurs symboliques idéaux au carré, divisée par la somme des carrés des amplitudes des vecteurs d'erreur symbolique d'une séquence de symboles donnée, le résultat étant exprimé comme un rapport de puissance en dB

Note 1 à l'article: L'abréviation "MER" est dérivée du terme anglais développé correspondant "modulation error ratio".

[SOURCE: IEC 60728-1:2014, 3.1.61, modifié – La Note 1 à l'article a été supprimée, et "le résultat étant exprimé comme un rapport de puissance en dB" a été ajouté à la fin de la définition.]

3.1.5**signal OFDM****multiplexage par répartition orthogonale en fréquence**

schéma de multiplexage utilisé pour le transport des signaux SDTV et HDTV en radiodiffusion numérique terrestre, et fondé sur l'idée d'un multiplexage par répartition en fréquence

Note 1 à l'article: L'OFDM est fondé sur l'idée d'un multiplexage par répartition en fréquence, où chaque sous-porteuse de fréquences est modulée au moyen d'une modulation plus simple, et où les fréquences et la modulation du multiplexage par répartition en fréquence (FDM, *Frequency Division Multiplex*) sont orthogonales, ce qui élimine quasiment les brouillages entre les sous-porteuses.

Note 2 à l'article: L'abréviation "OFDM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "orthogonal frequency division multiplexing".

3.1.6**amplificateur optique**

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

Note 1 à l'article: Plusieurs méthodes fondées sur la longueur d'onde peuvent être utilisées pour l'amplification. Dans le présent document, le terme "amplificateur à fibre dopée à l'erbium (EDFA)" est synonyme d'amplificateur optique.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.7.75, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.7**indice de modulation optique**

l'indice de modulation optique du k^{e} signal RF, m_k est défini par

$$m_k = \frac{\phi_h - \phi}{\phi_h + \phi}$$

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 en 2.6.79 et en 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.]

3.1.8**récepteur optique**

récepteur qui tolère à son accès d'entrée un signal optique modulé 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 avoir plusieurs accès de sortie qui fournissent des signaux électriques RF.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.7, modifié – La Note 1 a été ajoutée, et le terme "module de transmission optique" a été omis.]

3.1.9

module d'émission optique

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 modules d'émission optique peuvent avoir plusieurs accès d'entrée qui acceptent les signaux électriques RF.

Note 2 à l'article: Cet équipement amplifie les signaux électriques multiplexés en fréquence et convertit ces signaux électriques en signaux optiques. La longueur d'onde optique est une bande de 1 500 nm ($1\,550 \pm 10$ nm dans la plage comprise entre 1 530 nm et 1 625 nm).

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.9.6, modifié – Les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées.]

3.1.10

OLT

terminal de ligne optique

équipement du terminal principal, relié à l'unité de réseau optique (ONU) dans les locaux du client

Note 1 à l'article: Le terminal de ligne optique se raccorde habituellement à l'équipement de la tête de réseau.

Note 2 à l'article: L'abréviation "OLT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical line terminal".

3.1.11

ONU

unité de réseau optique

dispositif situé dans les locaux du client et qui est relié au terminal de ligne optique (OLT)

Note 1 à l'article: L'unité de réseau optique se raccorde habituellement à l'installation du client.

Note 2 à l'article: L'abréviation "ONU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical network unit".

3.1.12

signal QAM

modulation d'amplitude en quadrature

QAM

modulation d'amplitude, par deux signaux distincts, de deux signaux sinusoïdaux ayant même fréquence mais des phases en quadrature, les deux modulats étant ajoutés et transmis dans une voie commune

Note 1 à l'article: L'abréviation "QAM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "quadrature amplitude modulation".

[SOURCE: IEC 60050-702:1992, 702-06-63]

3.1.13

diffusion de Rayleigh

diffusion d'un rayonnement par des hétérogénéités et des fluctuations irrégulières de la densité ou de la composition du milieu, dont les dimensions sont faibles par rapport à la longueur d'onde

Note 1 à l'article: La puissance diffusée est inversement proportionnelle à la puissance quatrième de la longueur d'onde.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-03-37]

3.1.14**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 par watt 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]

3.1.15**RIN****bruit d'intensité relatif**

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 $\text{dB}(\text{Hz}^{-1})$ ce qui lui donne des valeurs négatives.

Note 2 à l'article: La valeur du RIN peut être calculée d'après les résultats d'une mesure signal sur bruit pour le système.

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

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.12, modifié – Dans la Note 2 à l'article, "porteuse sur bruit" a été remplacé par "signal sur bruit".]

3.1.16**SBS****diffusion de Brillouin stimulée**

diffusion non linéaire du rayonnement optique caractérisée par un déplacement de fréquence

Note 1 à l'article: Dans les fibres de silice, le déplacement de fréquence se situe généralement à environ 10 GHz.

Note 2 à l'article: La diffusion de Brillouin stimulée provoque un affaiblissement du niveau optique et altère les performances du système optique.

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

3.1.17**SCR****écart diaphonique**

différence de niveau entre le niveau du signal de radiodiffusion CATV et le niveau de diaphonie sur une fréquence provoqué par d'autres services, mesurée dans le scénario le plus défavorable à l'accès de sortie RF du récepteur optique pour un service de radiodiffusion CATV

$$R_{\text{SC}} = D_{\text{CATV}} - U_{\text{OS}}$$

où

D_{CATV} est le niveau nominal du signal de radiodiffusion CATV en $\text{dB}(\mu\text{V})$ 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 $\text{dB}(\mu\text{V})$, mesuré à l'accès de sortie RF du récepteur de radiodiffusion CATV optique. La valeur de U_{OS} est essentiellement due à l'effet de la diffusion de Raman;

R_{SC} est l'écart diaphonique, exprimé en dB.

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

3.1.18

niveau du signal

puissance d'un signal à modulation numérique donnée par la puissance efficace du signal dans la largeur de bande du canal ($S_{D,RF}$)

Note 1 à l'article: Le niveau d'un signal OFDM est la puissance électrique moyenne du signal global composé de plusieurs porteuses. Il ne reflète pas le niveau de chaque porteuse au sein du signal à plusieurs porteuses, comme cela est indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Niveau des signaux RF

Signal	Détection du niveau	Symbole	Remarques
signal QAM	Valeur efficace	$S_{D,RF}$	La moyenne de la valeur est calculée sur une période suffisamment longue par rapport à la période de la plus basse fréquence utilisée pour la modulation.
signal OFDM	Valeur efficace		

Note 2 à l'article: Le niveau du signal à modulation numérique peut s'exprimer en dB(mW) ou en dB(μV) par rapport à 75 Ω.

3.1.19

répartiteur

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 photodétecteurs, etc.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.21, modifié – Le terme "répartiteur" a été ajouté, et les termes "dispositif de couplage en fibre optique" et "coupleur optique" ont été supprimés.]

3.1.20

SINR

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

le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (R_{SIN}) est donné par

$$R_{SIN} \text{ (dB)} = S_{D,RF} - N_{IN,rms} \text{ (signaux numériques)}$$

où

$S_{D,RF}$ est le niveau du signal;

$N_{IN,rms}$ est le niveau d'intermodulation et de bruit en valeur efficace dans la bande de bruit équivalente du canal RF

Note 1 à l'article: Le niveau des signaux RF à modulation numérique et le niveau de bruit sont exprimés dans les mêmes unités, en dB(mW) ou en dB(μV) mesurés sur une terminaison de 75 Ω, ou par rapport à 75 Ω.

Note 2 à l'article: Dans le présent document, seules les porteuses à modulation numérique sont prises en compte. Le terme R_{SIN} utilisé dans le présent document est la même chose que le terme $S_{D,RF} / N$ défini dans l'IEC 60728-1:2014, 3.1.72.

Note 3 à l'article: L'abréviation "SINR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "signal-to-intermodulation and noise ratio".

3.1.21**SPM****automodulation de phase**

modulation de phase non linéaire induite par un dispositif ou par le système lui-même, du fait de l'injection d'une puissance optique trop élevée dans la fibre, qui génère une augmentation de l'indice de réfraction des fibres optiques

Note 1 à l'article: Un signal optique modulé induit une modulation de l'indice de réfraction, ce qui signifie que la phase du signal optique varie dans le temps.

Note 2 à l'article: L'automodulation de phase altère les propriétés de distorsion d'une transmission optique.

Note 3 à l'article: L'abréviation "SPM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "self-phase modulation".

3.1.22**SRS****diffusion de Raman stimulée**

diffusion non linéaire du rayonnement optique, caractérisée par un déplacement de la longueur d'onde et accompagnée de vibrations à très haute fréquence du maillage ambiant, fortement amplifiée par la présence d'un rayonnement diffusé

Note 1 à l'article: Dans les fibres de silice, le déplacement de la longueur d'onde est proche de 100 nm pour un rayonnement d'excitation d'une longueur d'onde proche de 1 550 nm.

Note 2 à l'article: La diffusion de Raman stimulée peut avoir lieu vers l'avant et vers l'arrière, et peut provoquer une diaphonie entre des signaux optiques de longueurs d'onde différentes.

Note 3 à l'article: La diminution de la fréquence est proche de 13 THz, et la largeur de bande en gain avoisine les 20 GHz.

Note 4 à l'article: L'abréviation "SRS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "stimulated Raman scattering".

[SOURCE: IEC 61931:1998, 2.1.87, modifié – Les Notes 2 et 3 à l'article ont été ajoutées.]

3.1.23**indice de modulation optique total (OMI total)**

indice de modulation optique obtenu lorsque plusieurs signaux RF sont transmis, M_{total} , défini comme suit

$$M_{\text{total}} = \sqrt{\sum_{k=1}^K m_k^2}$$

où

m_k est l'indice de modulation optique du k^{e} signal RF;

K est le nombre total de signaux RF.

Note 1 à l'article: L'abréviation "OMI" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical modulation index".

3.1.24**V-ONU****unité de réseau vidéo optique**

terminal qui transforme le signal optique d'un système de radiodiffusion en signal électrique

Note 1 à l'article: Dans le présent document, le terme V-ONU est utilisé comme synonyme de récepteur optique (O/E).

Note 2 à l'article: L'abréviation "V-ONU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "video-optical network unit".

3.1.25**filtre MRL**

dispositif qui permet de choisir 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

3.1.26**coupleur MRL**

dispositif qui couple les longueurs d'onde (utilisé dans les systèmes de transmission MRL) et dans lequel des signaux optiques de différentes longueurs d'onde peuvent être couplés entre deux accès prédéterminés

3.1.27**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:

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

où

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

f est la fréquence optique, en Hz.

Note 2 à l'article: Même si la longueur d'onde dans un matériau diélectrique, comme les 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.]

3.1.28**XPM****transmodulation de phase**

modulation causée par un indice de réfraction non linéaire du matériau de la fibre

Note 1 à l'article: La transmodulation de phase est liée à l'intervalle de longueur d'onde dans un système de transmission optique. Plus l'intervalle est grand, plus la valeur de la transmodulation de phase diminue. Du fait de cette relation, dans un système MRL présentant des longueurs d'onde de 1 490 nm (signal de communication) et 1 550 nm (signal de radiodiffusion), la transmodulation de phase devient négligeable par rapport à la SRS.

Note 2 à l'article: La transmodulation de phase altère les performances du système de multiplexage par répartition en longueur d'onde.

Note 3 à l'article: L'abréviation "XPM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "cross-phase modulation".

3.2 Symboles graphiques

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

	module d'émission optique selon l'IEC 60617-S00213-2001-07.		amplificateur optique selon l'IEC 60617-S01239-2001-07.
	fibre optique, IEC 60617-S01318-2001-07.		affaiblisseur variable, IEC 60617-S01245-2001-07.
	récepteur optique selon l'IEC 60617-S00213-2001-07.		wattmètre, IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S00910-2001-07.
	analyseur de spectre électrique, IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S00910-2001-07.		amplificateur, IEC 60617-S01239-2001-07.
	ampèremètre selon l'IEC 60617-S00059-2001-07, l'IEC 60617-S00910-2001-07.		photodiode avec fibre optique amorce, IEC 60617-S01327-2001-07.
	coupleur, IEC 60617-S00059-2001-07, IEC 60617-S01188-2001-07.		filtre optique
	termination optique, IEC 60617-S01180:2001-07.		mesureur de facteur de bruit
	répartiteur optique selon l'IEC TR 61930:1998-33.1.		téléviseur
	unité de réseau vidéo optique		affaiblisseur, IEC 60617-S01244-2001-07.
	voltmètre sélectif, IEC 60617-S01429-2001-07.		analyseur de spectre optique selon [IEC 60617-S00059 (2001-07) et IEC 60617-S00910 (2001-07)]

3.3 Abréviations

ADS (Active Double Star)	double étoile active	CAG	commande automatique de gain
ALC (Automatic Level Control)	commande automatique de niveau	APC (Angled Physical Contact optical connector)	connecteur optique par contact physique d'angle
BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem)	code de bloc binaire de correction d'erreurs multiples	TEB	taux d'erreur binaire
BNI (Building Network Interface)	interface de réseau d'immeuble	CATV (Community Antenna Television)	(réseau de) télévision sur antenne communautaire
CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function)	fonction de distribution cumulative complémentaire	CPE (Customer Premises Equipment)	installation du client
CW (Continuous Wave)	onde entretenue	CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)	multiplexage par répartition en longueur d'onde grossier
D/U (Desired to Undesired)	rapport signal utile sur signal indésirable	DM (Division Multiplex)	multiplexage par répartition en fréquence orthogonale codée
DS (DownStream, Double Star)	en aval ou double étoile	DSF (Dispersion Shifted Fibre)	fibre à dispersion décalée
DVB-C (Digital Video Broadcasting baseline system for digital Cable television)	système de base de radiodiffusion vidéo numérique par câbles (ETSI EN 300 429)	DVB-C2 (Digital Video Broadcasting baseline system for digital Cable television second generation)	système de base de radiodiffusion vidéo numérique par câbles de deuxième génération (ETSI EN 302 769)
DVB-S (Digital Video Broadcasting baseline system for digital Satellite television)	système de base de radiodiffusion vidéo numérique par satellite (ETSI EN 300 421)	DVB-S2 (digital video broadcasting baseline system for digital Satellite television second generation)	système de base de radiodiffusion vidéo numérique par satellite de deuxième génération (ETSI EN 302 307)
DVB-T (Digital Video Broadcasting baseline system for digital Terrestrial television)	système de base de radiodiffusion vidéo numérique pour la télévision numérique terrestre (ETSI EN 300 744)	DVB-T2 (Digital Video Broadcasting baseline system for digital Terrestrial television second generation)	(système de base de radiodiffusion vidéo numérique pour la télévision numérique terrestre de deuxième génération (ETSI EN 302 755)
EDFA (Erbium-Doped Fibre Amplifier)	amplificateur à fibre dopée à l'erbium	END (Equivalent Noise Degradation)	dégradation équivalente de bruit
E/O (Electrical-Optical transducer))	module d'émission optique (transducteur électrique-optique)	EVM (Error Vector Magnitude)	amplitude du vecteur d'erreur
DFI	desserte par fibre de l'immeuble	DFA	desserte par fibre de l'abonné
GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)	réseau optique passif Gigabit Ethernet	GPON (Gigabit Passive Optical Network)	réseau optique passif Gigabit

G/T	rapport du gain à la température de bruit	HDTV (High Definition Television)	télévision à haute définition
H/E (Headend)	tête de réseau	HFC (Hybrid Fibre Coaxial)	fibre hybride coaxiale
HNI (Home Network Interface)	interface de réseau domestique	ISDB-C (Integrated Services Digital Broadcasting – Cable)	radiodiffusion numérique à intégration de service – câble
ISDB-C2 (Integrated Services Digital Broadcasting – Cable Second Generation)	radiodiffusion numérique à intégration de service – câble de deuxième génération	ISDB-S (Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite)	radiodiffusion numérique à intégration de service – satellite
ISDB-S3 (Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite third generation)	radiodiffusion numérique à intégration de service – satellite de troisième génération	ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial)	radiodiffusion numérique à intégration de service – terrestre
UIT-T	Union Internationale des Télécommunications – secteur des Télécommunications	LD (Laser Diode)	diode laser
LDPC (Low-Density Parity Check)	contrôle de parité à faible densité (codes)	MC (Media Converter)	convertisseur de support
MDU (Multiple Dwelling Unit)	unité résidentielle multiple	MER (Modulation Error Ratio)	rapport d'erreur de modulation
NF (Noise Figure)	facteur de bruit	NM (Noise Margin)	marge d'immunité au bruit
O/E (Optical to Electrical)	récepteur optique (transducteur optique-électrique)	OFCS (Optical Fibre Communication System)	système de télécommunication par fibres optiques
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)	multiplexage par répartition orthogonale en fréquence	OLT (Optical Line Terminal)	terminal de ligne optique
OMI (Optical Modulation Index)	indice de modulation optique	ONU (Optical Network Unit)	unité de réseau optique
PC (Physical Contact)	contact physique	PD	photodiode
PDS (Passive Double Star)	double étoile passive	PER (Packet Error Ratio)	taux d'erreur de paquet
PON (Passive Optical Network)	réseau optique passif	PSCS (Polarization State Change System)	système de modification de l'état de polarisation
QAM (Quadrature Amplitude Modulation)	modulation d'amplitude en quadrature	QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)	modulation par déplacement de phase quadrivalente
RBW (Resolution Bandwidth)	largeur de bande de résolution	RF	radiofréquence
RFoG (Radio Frequency Over Glass)	radiofréquence sur verre	RIN	bruit d'intensité relatif

RS	Reed-Solomon	SBS (Stimulated Brillouin Scattering)	diffusion de Brillouin stimulée
SCR (Signal-to-Crosstalk Ratio)	écart diaphonique	SDTV (Standard Definition Television)	télévision à définition normale
SDU (Single Dwelling Unit)	logement individuel	SER (Symbol Error Rate)	taux d'erreur de symbole
SINR (Signal-to-Intermodulation and Noise Ratio)	rapport signal sur intermodulation et signal/bruit	SMF (Single Mode Fibre)	fibre monomodale
SPM (Self-Phase Modulation)	automodulation de phase	SRS (Stimulated Raman Scattering)	diffusion de Raman stimulée
SS (Single Star)	étoile simple	SW (Switch)	interrupteur
TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control Information)	informations de contrôle de la configuration de la transmission et du multiplexage	US (Up Stream)	en amont
VBW (Video Bandwidth)	largeur de bande vidéo	V-ONU (Video Optical Network Unit)	unité de réseau vidéo optique
MRL	multiplexage par répartition en longueur d'onde	XPM (Cross-Phase Modulation)	transmodulation de phase

4 Modèle de référence du système optique

4.1 Vue d'ensemble

Le présent document décrit le modèle de référence du système DFA pour la transmission de signaux de radiodiffusion. La méthode de transfert des signaux de radiodiffusion par satellite sur le système DFA qui utilise une transmission AM-FDM (SCM) y est incluse. Le présent document fournit des descriptions des méthodes de mesurage, ainsi que des spécifications pour le multiplexage par répartition en longueur d'onde optique et les systèmes de modulation xPSK (QPSK, 8PSK, TC-8PSK) et 16APSK. Étant donné qu'il spécifie la transmission des signaux vidéo en aval, le système de transmission optique bidirectionnelle ne relève pas du domaine d'application du présent document. Le présent document s'applique aux systèmes DFA pour la transmission de signaux de radiodiffusion à large bande qui acheminent des signaux de radiodiffusion par satellite en utilisant une ou plusieurs longueurs d'onde optiques.

Le présent document comprend aussi des descriptions techniques de nouveaux signaux de transmission, comme le contenu vidéo 4K, qui exigent une largeur de bande plus étendue que le système décrit dans l'édition antérieure du présent document. Par ailleurs, il est admis par hypothèse que le contenu vidéo original 4K et d'autres nouveaux services développés dans le futur (comme 8K, hologramme 3D et/ou la vidéo à la demande [VAD], etc.) seront transmis sur des plateformes câblées au moyen d'une liaison satellite.

4.2 Modèle de référence du système DFA général

La Figure 1 représente un modèle de référence du système DFA général pour la transmission de signaux de radiodiffusion. Même si le nombre d'amplificateurs optiques et de répartiteurs optiques dépend de l'échelle du système optique, ou du nombre de terminaux d'abonnés à connecter, la configuration fondamentale du réseau doit suivre ce modèle de référence du système. Le système DFA comporte trois sections de réseau: (1) un réseau de transmission, (2) un réseau de distribution et (3) un réseau d'accès.

Le système à tête de réseau et le réseau domestique sont connectés par le biais du réseau DFA. Dans le présent document, un "système optique interne de l'immeuble" est défini comme se trouvant entre la BNI et la HNI. La BNI est définie comme un point d'interface situé entre un opérateur du câble et un propriétaire d'immeuble. La HNI est définie comme un point d'interface situé entre le réseau interne de l'immeuble et le réseau domestique détenu par l'utilisateur final.

De plus, les niveaux optiques en fonctionnement exigés pour le système sont relativement élevés. Une attention particulière doit donc être accordée à la sécurité, conformément à l'IEC 60825-1, à l'IEC 60825-2 et à l'IEC 60825-12.

Le modèle de référence représenté à la Figure 1 comprend le système de transmission du signal de radiodiffusion et le système de transmission du signal de données. Le système de transmission du signal de radiodiffusion utilise une transmission unidirectionnelle, tandis que le système de transmission du signal de données utilise les deux moyens de transmission par fibres optiques avec différentes longueurs d'onde optiques. Les deux systèmes sont combinés avec des filtres MRL à l'entrée et à la sortie du réseau de distribution. Le réseau de distribution doit comprendre seulement des composants optiques passifs, comme les fibres optiques et les répartiteurs de puissance optique, en tenant compte de la simplicité de maintenance et de la facilité d'une extension ultérieure du système. Même si le système de transmission des signaux de données peut transmettre n'importe quel signal IP dans les locaux de l'abonné par le biais des mêmes réseaux, un tel système ne relève pas du domaine d'application du présent document.

Une unité de réseau optique en triple service (unité de réseau optique intégrée comme V-ONU, données des unités de réseau optique et terminal téléphonique) peut être utilisée dans une solution à une fibre. Dans certains cas, les unités de réseau optique sont situées à l'extérieur du domicile des abonnés.

Deux moyens permettent de connecter les unités résidentielles multiples (MDU) avec des systèmes DFA (voir Figure 1). L'un est la connexion par un accès électrique après la sortie du V-ONU et l'autre est la connexion par un accès optique relié directement à l'enceinte extérieure par un câble de branchement optique d'abonné, comme cela est représenté à la Figure 1.

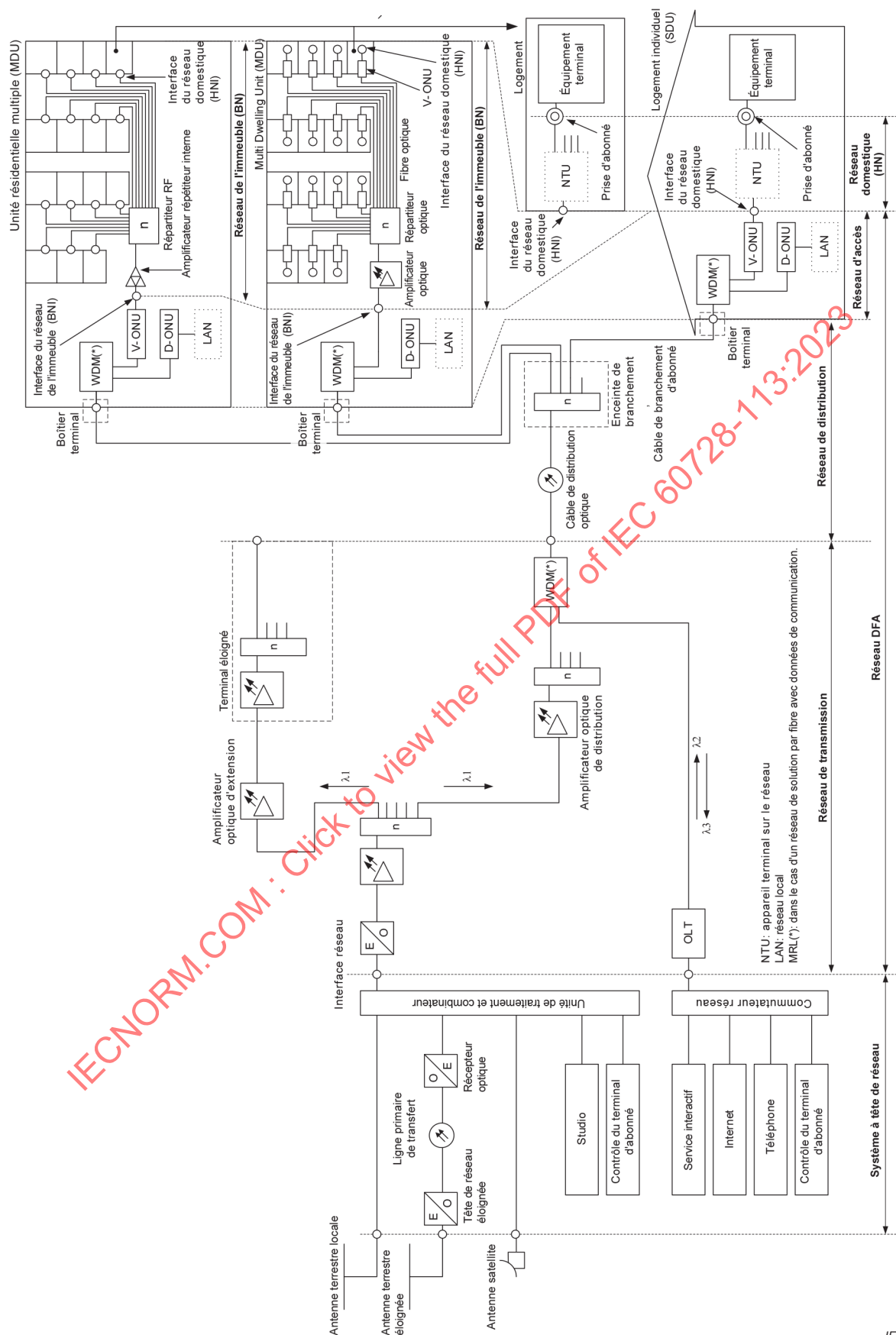


Figure 1 – Exemple de système DFA pour la transmission de signaux de télévision et de signaux de radiodiffusion sonore

4.3 Modèles de référence des systèmes optiques pour les transmissions de signaux de radiodiffusion

4.3.1 Longueur d'onde optique pour le système DFA

Dans le présent document, les longueurs d'onde optiques et les bandes de fréquences électriques indiquées dans le Tableau 2 et le Tableau 3 sont utilisées.

Tableau 2 – Longueur d'onde optique pour le système DFA

Signal optique	Longueur d'onde	Document
Transmission vidéo	1 550 nm	IEC 60728-13
Retour des signaux RF (RFoG)	1 610 nm	IEC 60728-14
Données (en aval)	1 490 nm / 1 577 nm	ISO/IEC/IEEE 8802-3
Données (en amont)	1 310 nm / 1 270 nm	ISO/IEC/IEEE 8802-3

Tableau 3 – Plage de fréquences

Bande de fréquences	Document
47 MHz à 862 MHz (signaux à modulation numérique seulement)	IEC 60728-101, IEC 60728-13
950 MHz à 3 300 MHz (transmission de signaux satellites pour signaux à modulation analogique et numérique)	IEC 60728-13-1

4.3.2 Modèles de référence

Le présent paragraphe décrit deux modèles de référence optiques de base pour la transmission des signaux de radiodiffusion.

L'extension contient une méthode de conversion qui transfère les signaux de radiodiffusion à des signaux optiques en utilisant un seul module d'émission optique avec une largeur de bande étendue dans un système à une longueur d'onde ou en étendant la largeur de bande par l'ajout d'un second module d'émission optique (c'est-à-dire un système à deux longueurs d'onde). Les options suivantes sont possibles par migration depuis le système d'origine.

a) Modèle de référence fondé sur l'utilisation d'une longueur d'onde

La Figure 2 représente un système CATV DFA qui utilise une longueur d'onde. Avec la solution à une fibre, la diaphonie optique et électrique doit être évitée. La diaphonie optique entre le signal de données transmis en aval à une longueur d'onde de 1 490 nm et le signal CATV en aval est générée si le MRL à 1 550 nm ne procure pas une isolation suffisante pour le signal de 1 490 nm.

La diaphonie électrique entre le signal de données de 1 310 nm du pilote et le signal d'entrée de 1 550 nm du récepteur à photodiode du réseau CATV est due à la présence de rayonnements électromagnétiques à l'intérieur d'un boîtier de triplexeur qui est très compact.

b) Modèle de référence fondé sur l'utilisation de deux longueurs d'onde

La Figure 3 représente un système CATV DFA qui utilise deux longueurs d'onde. Dans le cas d'une transmission par fibres optiques distinctes des signaux de radiodiffusion et de communication, il convient de retirer le filtre MRL représenté à la Figure 2 ou à la Figure 3 et que le système utilise des fibres distinctes pour chaque signal.

Il convient que le système à deux longueurs d'onde (voir Figure 3) contienne deux modules d'émission optique et reçoive les signaux des deux longueurs d'onde (λ_1 , λ_2) avec un seul récepteur. Le filtre MRL du côté récepteur, pour la séparation des signaux λ_1 et λ_2 , n'est pas nécessaire. Cependant, le filtre MRL pour la séparation des signaux de radiodiffusion et de communication est nécessaire du côté récepteur.

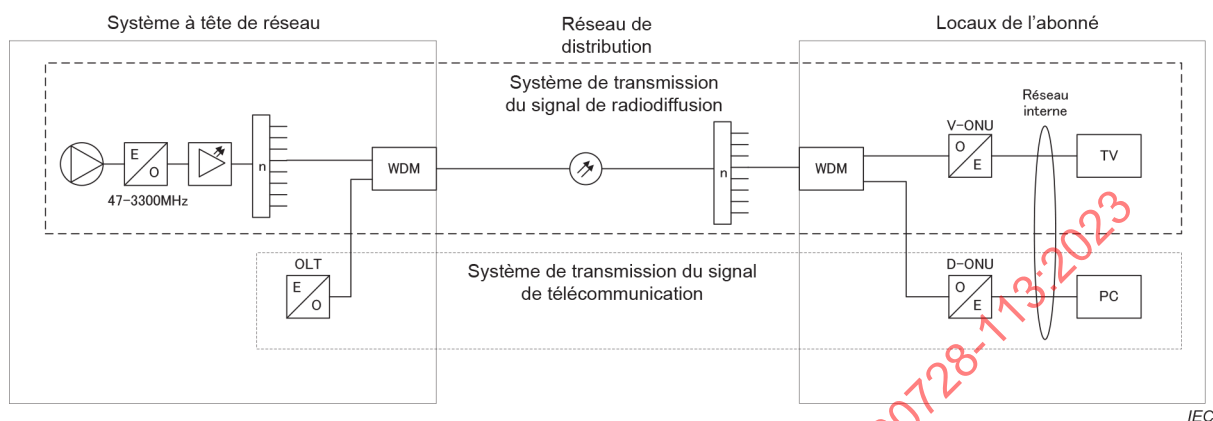


Figure 2 – Système de télévision par câble DFA qui utilise une longueur d'onde

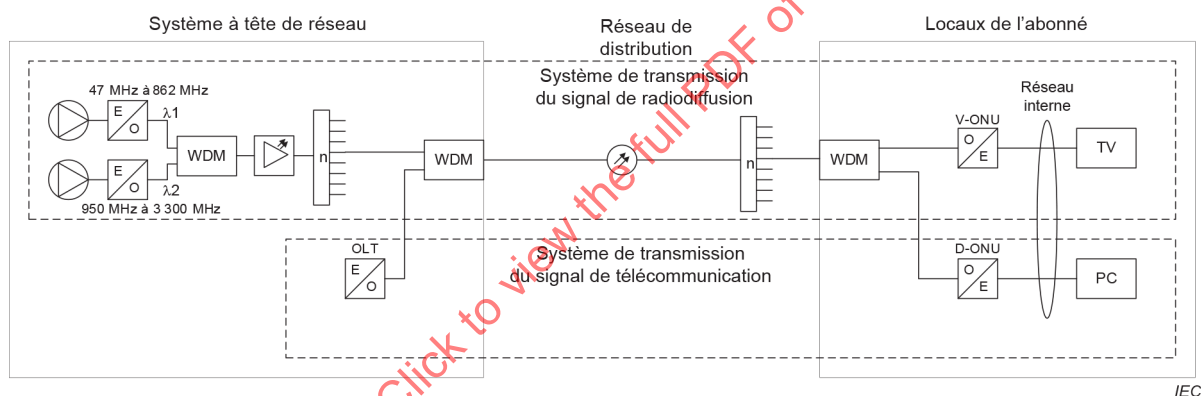


Figure 3 – Système de télévision par câble DFA qui utilise deux longueurs d'onde

4.4 Points de performance spécifiés pour le système optique

Les points de performance spécifiés pour le système optique sont représentés à la Figure 4. Les points de performance spécifiés sont les mêmes dans les cas à une longueur d'onde et à deux longueurs d'onde.

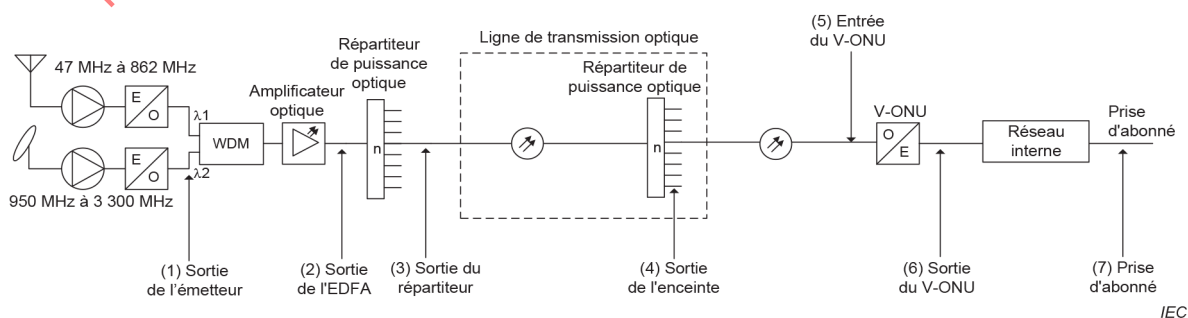


Figure 4 – Points de performance spécifiés pour le système optique

5 Préparation des mesurages

5.1 Conditions d'environnement

5.1.1 Conditions normales de mesurage

Sauf spécification contraire, tous les matériels de mesure doivent être utilisés dans les conditions normalisées suivantes.

5.1.2 Température et humidité

La température ambiante et l'humidité relative doivent être comprises entre 15 °C et 35 °C et entre 25 % et 75 %, respectivement (voir l'IEC 60068-1:2013, 4.3). Toutefois, la spécification des matériels de mesure doit être prise en compte.

5.1.3 Dispositif de mesure et du système à l'essai

Le système à l'essai doit se trouver dans ses conditions normales de fonctionnement, tous les équipements du système doivent être montés et accordés avant le mesurage selon le diagramme de niveau prévu.

5.1.4 Fonctionnement en mode CAG/ALC

Sauf spécification contraire, tous les équipements du système doivent fonctionner en mode de commande automatique de gain (CAG) ou de commande automatique de niveau (ALC).

5.1.5 Adaptation d'impédance entre les équipements

L'impédance des équipements et du dispositif d'essai doit coïncider; toute erreur de mesure doit être évitée en introduisant des composants comme des affaiblisseurs.

5.1.6 Conditions normales de fonctionnement

Les conditions normales de fonctionnement font référence aux conditions dans lesquelles le système de CATV à l'essai est entièrement fonctionnel dans une installation donnée. Toutes les entrées et sorties de chaque équipement du système doivent être accordées avant d'effectuer tout mesurage selon le diagramme de niveau prévu.

5.1.7 Signal normalisé et matériels de mesure

Pour les mesurages, les signaux normalisés utilisés dans les matériels de mesure et le système à l'essai doivent être paramétrés selon le format de signal normalisé prescrit pour le système concerné. Le Tableau 4 répertorie les matériels de mesure à utiliser (hors équipements passifs).

Tableau 4 – Matériels de mesure

Nom de l'équipement	Utilisation
Wattmètre optique	Instrument utilisé pour mesurer la puissance du signal optique.
Analyseur de spectre optique ou Lambdamètre optique	Instrument utilisé pour mesurer la longueur d'onde du signal optique.
Analyseur de spectre	Instrument utilisé pour effectuer un mesurage quantitatif des signaux à haute fréquence.
Générateur de signaux	Instrument utilisé pour générer des signaux numériques à haute fréquence.
Analyseur de signaux numériques	Instrument utilisé pour effectuer un mesurage quantitatif des signaux à modulation numérique et du vecteur d'erreur.
Mesureur de facteur de bruit (NF) ^a	Instrument utilisé pour mesurer le facteur de bruit (NF).
Analyseur de constellation	Instrument utilisé pour identifier visuellement l'état tel que l'orthogonalité du signal I et du signal Q du signal modulé et le déséquilibre de gain. Le MER est une valeur numérique de la variation de la constellation.
Appareil de mesure de courant (ampèremètre) ^a	Instrument utilisé pour mesurer l'intensité du courant électrique.
Voltmètre	Instrument utilisé pour mesurer la tension.
Source de bruit	Instrument utilisé pour générer un signal de bruit gaussien (plan à l'intérieur de la plage de mesure exigée)
V-ONU	Récepteur optique utilisé pour convertir un signal vidéo optique en signal électrique.
Filtre MRL	Instrument utilisé pour séparer la longueur d'onde afin de mesurer la puissance optique et la longueur d'onde.
Voltmètre sélectif	Instrument utilisé pour effectuer un mesurage quantitatif sur la plage de fréquences du service de radiodiffusion. Un analyseur de spectre peut également être utilisé à cette fin.
^a Si les paramètres de calcul du RIN de l'unité de réseau optique, la sensibilité (R), le courant d'obscurité (I_{d0}) et la densité du courant équivalente au bruit (I_{eq}) sont préalablement connus, ces instruments ne sont pas nécessaires.	

5.2 Exactitude des matériels de mesure

Tous les dispositifs et instruments utilisés pour les mesurages doivent être étalonnés avec exactitude. Les sources étalons utilisées pour l'étalonnage doivent être étalonnées dans les 6 mois qui précèdent le jour des mesurages.

5.3 Puissance de la source

La tension et la fréquence d'alimentation des instruments de mesure et des équipements du système à l'essai doivent être prises dans les spécifications relatives à l'instrument/équipement considéré.

6 Méthodes de mesurage

6.1 Points et paramètres de mesure

6.1.1 Généralités

Le présent paragraphe décrit les méthodes de mesurage spécialement conçues pour le système DFA.

Les points de mesure décrits dans le présent document se limitent à la partie du système comprise entre le terminal de sortie du module d'émission optique et la prise d'abonné.

6.1.2 Points de mesure

La Figure 5 représente un système type de distribution par signaux vidéo optiques. La puissance optique doit être mesurée aux points (1) à (5), et le niveau du signal électrique doit être mesuré aux points (6) et (7) de la Figure 5 afin d'assurer les performances totales du système. Les points (5), (6) et (7) doivent être mesurés pour assurer les performances du système au point d'extrémité de la section optique et au point d'interface, dans les locaux du client. Il convient de mesurer le RIN aux points (1) à (5) et le SINR (signal électrique) aux points (6) et (7).

6.1.3 Paramètres mesurés

Les mesurages suivants doivent être effectués.

a) Puissance optique

La puissance optique doit être mesurée aux points (1) à (5) du système optique, représentés à la Figure 5.

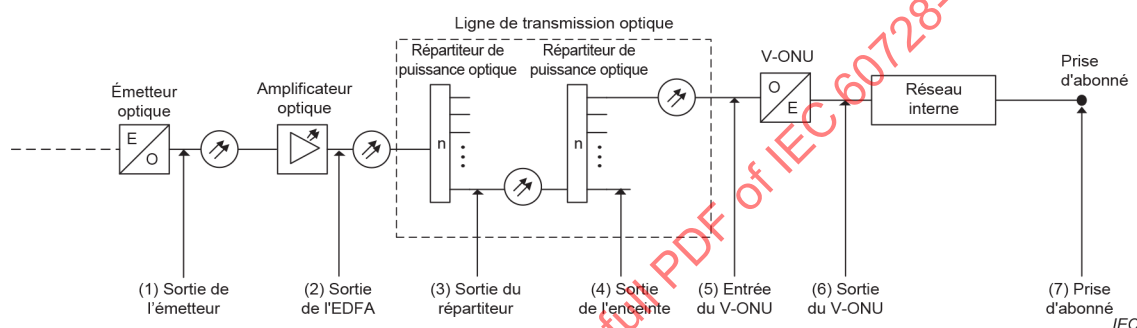


Figure 5 – Système type de distribution par signaux vidéo optiques

b) Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) (signal électrique)

Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit doit être mesuré après la conversion du signal optique en signal électrique; ce mesurage doit être effectué aux points (6) et (7).

c) Mesurage du RIN (bruit d'intensité relatif)

L'estimation du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit à la sortie d'un V-ONU est calculée à partir du RIN (bruit d'intensité relatif) mesuré pour le signal d'entrée optique du V-ONU au point (5).

Il est préférable de mesurer le RIN lorsque la puissance optique au point de mesure est supérieure à -3 dB(mW), une limitation imposée par le phénomène de bruit dans le dispositif de mesure. De la même manière, puisque la puissance optique au point de mesure (5) dans un système type est inférieure à -3 dB(mW), l'erreur de mesure devient importante et un mesurage du RIN n'est pas recommandé.

Toutefois, puisque la limite ci-dessus est uniquement due au phénomène de bruit dans le système de mesure, elle peut être exonérée si l'exactitude de la mesure s'améliore à l'avenir.

Le Tableau 5 récapitule les points de mesure et les paramètres mesurés.

Les mesurages aux points (5), (6) et (7) sont obligatoires; les mesurages aux autres points sont exigés pour assurer les performances du système.

Tableau 5 – Points de mesure et paramètres mesurés

Paramètres mesurés	Points de mesure						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Sortie de l'émetteur	Sortie de l'EDFA	Sortie du répartiteur de puissance	Sortie de l'enceinte	Entrée du V-ONU	Sortie du V-ONU	Prise d'abonné
Puissance optique	○	○	○	○	○	–	–
Longueur d'onde optique	○	●	●	●	●	–	–
SINR (électrique)	–	–	–	–	–	○	○
SINR (RIN) (voir NOTE)	○	○	Δ	Δ	Δ	–	–
TEB, MER	–	–	–	–	–	○	○
Légende ○ Les mesurages peuvent être effectués à ces points ● Longueur d'onde mesurée à la sortie de l'émetteur; elle peut représenter le système entier - Δ Les mesurages peuvent être effectués à ces points lorsque la puissance optique est supérieure à –3 dB (mW) – Les mesurages ne sont pas possibles en ces points. Les mesurages aux points (5), (6) et (7) sont obligatoires; les mesurages aux autres points sont exigés pour assurer les performances du système. NOTE L'estimation théorique du SINR au point (6), à la sortie du V-ONU, s'appuie sur les résultats mesurés pour les différents équipements.							

6.2 Exigence générale de mesurage

6.2.1 Généralités

Sauf spécification contraire, pour l'ensemble des mesurages décrits à l'Article 6, les exigences des 6.2.2, 6.2.3 et 6.2.4 doivent être prises en compte.

6.2.2 Spécification des caractéristiques d'entrée

Les conditions suivantes doivent être prises dans la spécification du dispositif, de l'instrument ou du système à l'essai:

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

6.2.3 Conditions normales de mesurage

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

- a) La température ambiante et l'humidité relative doivent être comprises entre 15 °C et 35 °C et entre 25 % et 75 %, respectivement (voir l'IEC 60068-1:2013, 4.3). Toutefois, la spécification des matériels de mesure doit être prise en compte.
- b) Le dispositif, l'instrument ou le système à l'essai doit se trouver dans ses conditions normales de fonctionnement; il doit être monté et accordé avant d'effectuer le mesurage selon le diagramme de niveau prévu.

- c) Les conditions normales de fonctionnement font référence aux conditions dans lesquelles le système de CATV/MATV/SMATV à l'essai est entièrement fonctionnel dans une installation donnée.
- d) L'adaptation d'impédance entre les équipements et le dispositif d'essai doit être harmonisée; toute erreur de mesure doit être évitée en introduisant des composants comme des affaiblisseurs.
- e) Utiliser des matériels de mesure étalonnés. Se reporter aux spécifications des matériels de mesure pour obtenir des instructions relatives à leur étalonnage.

6.2.4 Précautions pour le mesurage

- a) La réflexion optique ne doit pas altérer l'exactitude de la mesure.
- b) Pendant un mesurage, le signal d'entrée et le signal de commande (si celui-ci est utilisé) doivent demeurer constants à l'intérieur d'une plage de 0,5 dB.
- c) Les fibres d'essai doivent avoir des extrémités propres et sans rayure afin d'éviter les pertes de puissance et les réflexions.
- d) L'exactitude des matériels de mesure étalonnés doit être utilisée pour assurer l'exactitude des résultats mesurés.
- e) L'ensemble des matériels d'essai ainsi que l'environnement doivent satisfaire aux dispositions relatives à la sécurité humaine contre les rayonnements laser spécifiées dans l'IEC 60825-2 et l'IEC 60825-12.

6.3 Puissance optique

6.3.1 Généralités

Ce mesurage a pour objet de mesurer la puissance optique moyenne à chaque point de mesure du système optique représenté à la Figure 5.

6.3.2 Dispositif de mesure

6.3.2.1 Mesurage de la puissance optique pour une longueur d'onde unique

Le mesurage de la puissance optique pour une longueur d'onde unique doit être réalisé conformément à l'IEC 61280-1-1:2013, Article 5.

6.3.2.2 Mesurage de la puissance optique pour un signal de MRL

Lorsque plusieurs longueurs d'onde sont multiplexées, au moyen d'un filtre optique ou d'un coupleur MRL, la puissance optique de la longueur d'onde spécifiée doit être mesurée. Le facteur de directivité et les performances d'isolation du coupleur MRL utilisé pour le mesurage doivent être supérieurs ou égaux à ceux du filtre utilisé à l'intérieur du V-ONU. Connecter l'équipement comme cela est représenté à la Figure 6 si un filtre de longueur d'onde est utilisé ou à la Figure 7 si un coupleur MRL est utilisé.

NOTE Les méthodes de mesurage de la puissance optique pour une longueur d'onde sont décrites dans l'IEC 61280-1-1.

La puissance optique à la sortie d'un coupleur MRL doit être mesurée conformément à l'IEC 61280-1-1:2013, Article 5.

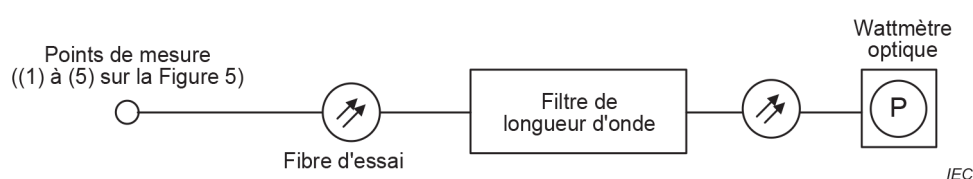


Figure 6 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la puissance optique à l'aide d'un filtre de longueur d'onde

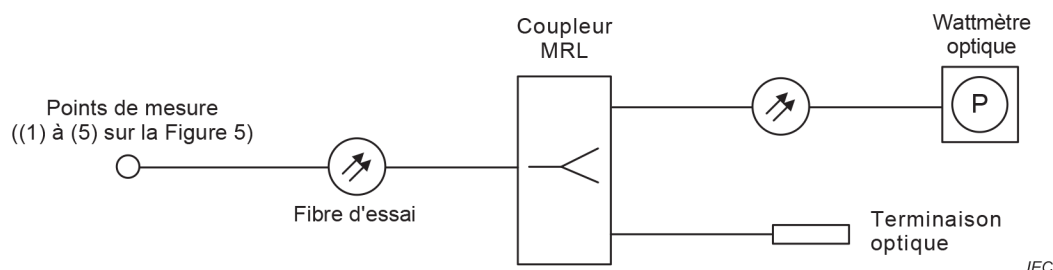


Figure 7 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la puissance optique à l'aide d'un coupleur MRL

6.3.3 Méthode de mesurage

En plus des exigences de l'IEC 61280-1-1, les points suivants doivent être pris en compte.

- Raccorder la fibre d'essai au wattmètre et vérifier que le wattmètre est commuté sur la longueur d'onde spécifiée et que seul le signal à la longueur d'onde spécifiée est appliqué au wattmètre.
- Mesurer et enregistrer la puissance du signal de sortie à l'aide du wattmètre.
- Si un coupleur MRL ou un filtre de longueur d'onde est utilisé pour mesurer les signaux de MRL, la perte d'insertion prédéterminée du coupleur MRL ou du filtre de longueur d'onde doit être ajoutée à la puissance optique mesurée.

6.3.4 Précautions pour le mesurage

Les éléments suivants doivent être pris en compte.

- L'extrémité de la fibre optique ou l'extrémité du connecteur ne doit pas être regardée directement. L'extrémité de la fibre optique ne doit pas non plus être dirigée vers une autre personne. Si une ou plusieurs fibres ne comportent pas de terminaison, celles-ci doivent être couvertes ensemble pour éviter tout risque d'irradiation. Tout connecteur optique non connecté doit être recouvert d'un bouchon pendant toute la durée du mesurage.
- Vérifier que le wattmètre dispose d'une étendue de mesure adéquate pour la puissance présumée et qu'il est capable de mesurer le signal dans la longueur d'onde du signal présumée. Le système détecteur du wattmètre doit disposer d'une surface suffisamment étendue pour recueillir tous les rayonnements de la fibre d'essai et d'une sensibilité spectrale compatible avec la source de lumière. Une exactitude minimale de $\pm 10 \%$ est recommandée.
- La partie capteur du wattmètre doit être coupée, et le décalage d'origine doit être réglé avant le mesurage.
- Les fibres et connecteurs d'essai doivent avoir des extrémités propres et sans rayure afin d'éviter les pertes de puissance et les réflexions.
- Si la largeur de bande de mesure et l'étendue de mesure du wattmètre peuvent être réglées indépendamment, celles-ci doivent être réglées en mode automatique avant le mesurage.
- Le mesurage doit être effectué en mode "onde entretenue". Si le wattmètre propose plusieurs modes de mesure (CW / 270 Hz / 1 kHz / 2 kHz), le mode "onde entretenue" doit être choisi. Les wattmètres qui ne proposent pas de fonction de mode de mesure fonctionnent normalement en mode "onde entretenue". Vérifier que le mode "onde entretenue" fonctionne avant le mesurage.
- Si la mesure est instable (la valeur mesurée varie lorsque l'extrémité de l'affaiblisseur fixe est raccordée directement au wattmètre), un cordon de raccordement adéquat doit être utilisé et le mesurage doit être répété.
- Les sources d'erreur suivantes sont possibles:
 - l'inexactitude du wattmètre, par exemple si son courant d'obscurité n'est pas suffisamment faible;
 - l'affaiblissement de la fibre d'essai et des moyens de couplage utilisés.

6.3.5 Présentation des résultats

La puissance optique doit être exprimée en dB(mW).

6.4 Longueur d'onde optique

6.4.1 Introduction

Ce mesurage a pour objet de mesurer la longueur d'onde centrale ou la longueur d'onde de crête à chaque point de mesure indiqué à l'Article 7.

6.4.2 Méthode de mesurage

La longueur d'onde optique, dans le système DFA pour la transmission de signaux de radiodiffusion, doit être mesurée conformément aux descriptions fournies ci-après.

Si un seul V-ONU est utilisé pour recevoir plusieurs longueurs d'onde simultanément sans aucun filtre MRL, un filtre MRL d'essai doit être utilisé pour mesurer la longueur d'onde optique à l'entrée du V-ONU. La Figure 8 et la Figure 9 représentent le dispositif de mesure.

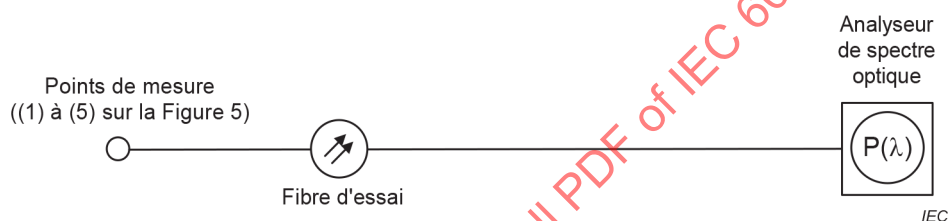


Figure 8 – Mesurage d'une longueur d'onde optique sans coupleur MRL

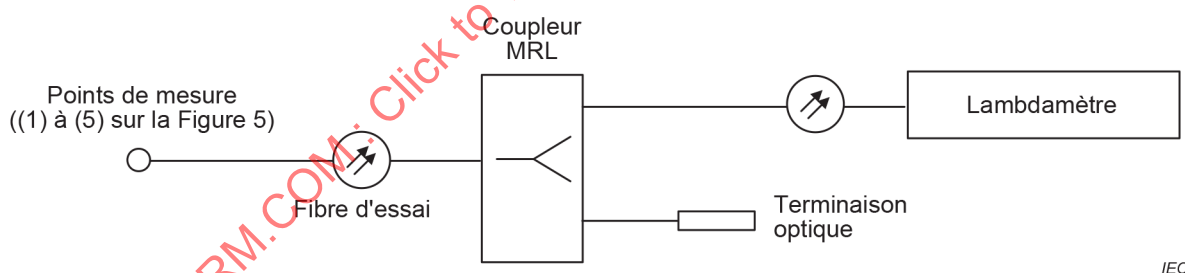


Figure 9 – Mesurage d'une longueur d'onde optique avec un coupleur MRL

Pour mesurer la longueur d'onde centrale λ_0 du spectre d'un signal optique sous modulation, la méthode décrite dans l'IEC 61280-1-3 doit être utilisée.

6.4.3 Présentation des résultats

La longueur d'onde optique centrale doit être exprimée en nm.

6.5 Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) inférieur à 1 GHz

6.5.1 Généralités

Cette méthode d'essai a pour objet de mesurer le niveau d'un signal de radiodiffusion pour la télévision au-dessous de 1 GHz. Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF est également mesuré par le niveau de bruit mesuré dans la largeur de bande spécifique à la transmission du signal de télévision. Cette méthode d'essai consiste à effectuer le mesurage dans le domaine électrique.

6.5.2 Dispositif de mesure

Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 10. La méthode de mesurage du rapport signal sur intermodulation et du rapport signal/bruit des signaux RF des systèmes de transmission optique est la même que pour les systèmes de distribution par câbles (voir l'IEC 60728-101:2016, 4.4).

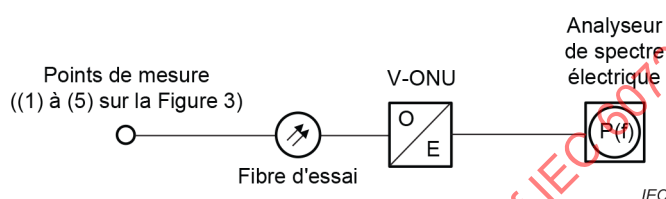


Figure 10 – Dispositif d'essai pour le mesurage du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF

Le dispositif d'essai de la Figure 10 permet d'effectuer un mesurage simplifié du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit dans le domaine optique. Le mesurage correct doit être effectué dans le domaine électrique au moyen d'un analyseur de spectre électrique placé aux points (6) et (7), décrits dans le Tableau 5.

6.5.3 Conditions de mesurage

Les conditions de mesurage suivantes s'appliquent.

- L'analyseur de spectre utilisé pour le mesurage doit être étalonné avant le mesurage. La tension d'alimentation de tous les équipements utilisés pour les mesurages doit être appliquée au moins 30 min avant le début du mesurage.
- Si l'instrument de mesure comporte une fonction d'étalonnage, celle-ci doit être exécutée avant d'effectuer le mesurage.
- Des câbles coaxiaux et des connecteurs adaptés doivent être utilisés pour assurer une adaptation d'impédance adéquate à l'intérieur du système de mesure.

6.5.4 Précautions pour le mesurage

Les éléments suivants doivent être pris en compte.

- Exactitude de la mesure: pour obtenir une mesure exacte du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF, il est nécessaire de couper le canal à l'essai et de mesurer le niveau de bruit dans la largeur de bande du canal. Selon la situation, il est présumé que le canal de radiodiffusion arbitraire ne peut pas être coupé pendant l'exploitation du réseau. L'inexactitude et les erreurs de mesure de la méthode d'essai prescrite dans le présent document doivent donc être prises en compte.

- b) Dispositif d'affaiblissement de l'analyseur de spectre: la majorité des analyseurs de spectre présentent par défaut un affaiblissement de 10 dB à l'entrée lors de la mise sous tension. Le mesurage peut être effectué avec cette valeur par défaut lorsque la puissance électrique d'entrée totale ne dépasse pas 0 dB(mW). La puissance électrique totale est mesurée au moyen de l'option de mesure de la puissance électrique dans l'analyseur de spectre et en réglant la fréquence centrale à 510 MHz, l'intervalle de fréquence à 1 GHz et la largeur de bande pour les mesurages de puissance dans le canal à 1 GHz. Aucun signal ne doit se trouver en dehors de l'intervalle de fréquence ci-dessus. Si la puissance totale (P_T) dépasse 0 dB(mW) (109 dB(μV) à une impédance de 75 Ω sur l'affichage de la tension, pour éviter toute distorsion générée à l'intérieur de l'analyseur de spectre, régler le paramètre d'affaiblissement à l'entrée (A_{in}) de manière à respecter la relation suivante:

$$P_T - A_{in} < -10 \text{ dB(mW)}.$$

- c) Mesurer la sortie du générateur de signaux numériques au moyen d'un wattmètre étalonné et équipé d'un capteur à couple thermoélectrique et, en prenant cette mesure comme la valeur réelle, étalonner le niveau de mesure de l'analyseur de spectre.
- d) Lorsque le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF est très faible pour le signal, le bruit à l'intérieur du signal est plus élevé que l'erreur de mesure et ne peut pas être négligé. S'il est nécessaire d'appliquer un facteur de correction, celui-ci doit être soustrait du niveau mesuré par l'analyseur de spectre (voir l'IEC 60728-101:2016, Annexe A).
- e) Le présent document recommande la méthode d'essai qui utilise l'option de mesure de la puissance électrique par l'analyseur de spectre afin de couvrir les signaux QAM et OFDM. Cette méthode d'essai est la méthode privilégiée, car toute correction nécessaire dans l'analyseur de spectre est traitée automatiquement, quel que soit le type d'analyseur de spectre utilisé pour le mesurage. En outre, la planéité du signal sur l'ensemble de la largeur de bande spécifique à la transmission n'a aucune influence sur les résultats mesurés.

NOTE Le niveau de bruit par unité de fréquence peut être exprimé en dB(μV/√Hz) ou en dB(μV/Hz).

6.5.5 Présentation des résultats

Le niveau du signal doit être exprimé en dB(mW) ou en dB(μV). Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF doit être exprimé en dB.

6.6 Bruit d'intensité relatif (RIN) du signal optique

6.6.1 Généralités

Cette méthode de mesurage a pour objet d'évaluer le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit à la sortie d'un V-ONU, à partir du bruit d'intensité relatif (RIN) mesuré pour le signal optique d'entrée dans le V-ONU.

Le RIN est le bruit provoqué par les fluctuations de la puissance optique de sortie par rapport à la cadence; il est exprimé comme le rapport puissance optique moyenne/puissance du bruit moyen mesurée dans une largeur de bande de 1 Hz. Il est difficile de mesurer le RIN directement dans le domaine optique; le mesurage doit être réalisé après la conversion du signal optique en signal électrique. Le RIN peut aussi être calculé à partir des performances mesurées pour chaque composant du système. Cependant, il est nécessaire de mesurer le RIN sur un point de mesure proche de l'un des côtés où le signal optique est converti en signal électrique, par exemple à l'entrée du V-ONU.

6.6.2 Dispositif de mesure

Le dispositif de mesure utilisé est décrit ci-après.

a) Points de mesure

Les points de mesure dans le réseau de télévision par câble pour les signaux optiques sont représentés à la Figure 5.

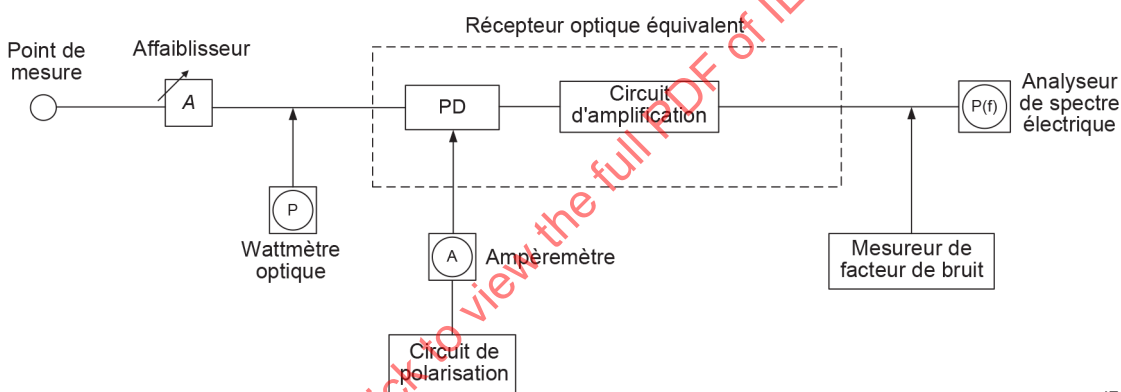
- Pour calculer le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit à la sortie du V-ONU, il est nécessaire de mesurer le RIN, comme cela est représenté à la Figure 5, aux points (1) à (3) où la puissance optique de sortie est suffisamment élevée pour que les mesures du RIN puissent être exactes.

NOTE Les mesures du RIN ne sont pas exactes lorsque la puissance optique est inférieure à -3 dB(mW).

- Si aucun amplificateur optique n'est utilisé dans le système, le RIN doit être mesuré au point (1).
- Si un amplificateur optique d'extérieur est employé et si les mesures peuvent être effectués à l'extérieur, la sortie de l'amplificateur optique doit être prise comme point de mesure.

b) Dispositif de mesure

La Figure 11 représente le montage de mesure du RIN.



IEC

Figure 11 – Dispositif d'essai pour le mesurage du RIN

6.6.3 Conditions de mesurage

Les conditions de mesurage suivantes s'appliquent.

- Seuls des instruments étalonnés (analyseur de spectre, wattmètre optique, ampèremètre, analyseur de réseau, mesureur de facteur de bruit et affaiblisseur optique) doivent être utilisés pour les mesurages.
- L'analyseur de spectre doit disposer d'une option qui permet de mesurer la densité de puissance du bruit. Le récepteur optique se compose d'une photodiode (PD), d'un préamplificateur à faible bruit et d'un circuit d'adaptation. La photodiode doit inclure un dispositif pour mesurer l'intensité du courant qui traverse la photodiode.
- Un signal optique "onde entretenue" doit être utilisé pour le mesurage. Pour éviter les brouillages SBS, une certaine technologie doit être appliquée, par exemple la méthode de suppression de la SBS avec porteuse.
- Le niveau d'entrée optique du récepteur optique doit être d'environ 0 dB(mW) et ne doit pas être inférieur à -3 dB(mW).

La dégradation du RIN du fait de la diffusion de Rayleigh et de plusieurs réflexions optiques dans la ligne de transmission ne peut pas être négligée. Si le RIN est mesuré à l'intérieur de la tête de réseau, un câble optique équivalent avec des performances similaires à celles du câble utilisé dans le réseau optique réel doit donc être inséré au point de mesure de la Figure 5.

6.6.4 Méthode de mesure du RIN du système

6.6.4.1 Généralités

Cette méthode d'essai doit être appliquée pour évaluer le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit à la sortie du V-ONU à partir du RIN mesuré, au moyen du dispositif représenté à la Figure 11. Le 6.6.4 contient plusieurs étapes, décrites en 6.6.4.2 et 6.6.4.3. Si les paramètres de R , I_{d0} , I_{eq} et G sont inconnus, voir l'Annexe D. Le RIN peut être calculé au moyen de ces paramètres.

6.6.4.2 Étape A: puissance d'entrée du récepteur optique et bruit du système (densité du courant de bruit)

- Mesurer la puissance d'entrée du récepteur optique (P_r) au moyen d'un wattmètre.
- Connecter l'analyseur de spectre à la sortie du récepteur optique et choisir le mode de mesure permettant de mesurer la densité de puissance du bruit. Mesurer la densité de puissance du bruit par unité de fréquence, N_p , exprimée en dB(mW)/Hz. Le courant de bruit total par Hz, I_{bn} , du récepteur optique peut être calculé à l'aide de l'Équation (1) en réglant la largeur de bande de résolution de l'analyseur de spectre à 100 kHz.

$$I_{bn} = \sqrt{\frac{N_p}{10^{-10} \times 10^{-3}}} \left[A/\sqrt{\text{Hz}} \right] \quad (1)$$

où

Z_0 est l'impédance du dispositif de mesure, exprimée en Ω ;

N_p est la densité de puissance du bruit, exprimée en dB(mW)/Hz.

- Le niveau de bruit mesuré (N_p) inclut celui du matériel de mesure (analyseur de spectre); il convient que celui-ci soit au moins inférieur de 20 dB au niveau de bruit affiché en dehors de la bande du canal afin de ne pas fausser les résultats. Sinon, il convient de prendre en compte la contribution du bruit (due au système ou au matériel soumis à l'essai et au matériel de mesure) dans le niveau de bruit mesuré (voir l'IEC 60728-101:2016, Annexe A). La correction suivante doit être appliquée si le niveau de bruit (N_L) est mesuré au moyen d'un analyseur de spectre:

$$N_p = N_L + 10 \lg (B_n/B) + K_1 + K_2$$

où

B_n est la largeur de bande de mesure de la puissance du bruit (N_p) 1 Hz;

B est la largeur de bande de bruit, $\text{RBW} \times 1,2$ (facteur de correction de la largeur de bande de bruit) = 120 000 Hz;

K_1 est le facteur de correction pour la conversion en niveau de tension effectif
 $= 20 \lg(2/\sqrt{\pi}) = 1,05 \text{ dB}$;

K_2 est le facteur de correction pour l'amplificateur logarithmique de l'analyseur de spectre
 $= 1,45 \text{ dB}$.

6.6.4.3 Étape B: calcul du RIN

– D'après les résultats mesurés ci-dessus, N_{RIN} peut être calculé à l'aide de l'Équation (2):

$$N_{\text{RIN}} = 10 \lg \left(\frac{\frac{I_{\text{bn}}^2}{G}}{(R \cdot P_r)^2} - \frac{2e}{(R \cdot P_r)^2} (I_{\text{d0}} + R \cdot P_r) - \frac{I_{\text{eq}}^2}{(R \cdot P_r)^2} \right) [\text{dB(Hz}^{-1})] \quad (2)$$

où

R est la sensibilité de la photodiode, exprimée en A/W;

I_{d0} est le courant d'obscurité de la photodiode, exprimé en A;

I_{eq} est la densité de courant d'entrée équivalente au bruit pour le préamplificateur, exprimée en A/ $\sqrt{\text{Hz}}$;

I_{bn} est le courant de bruit total dans une largeur de bande de 1 Hz à la sortie du récepteur optique, exprimé en A/ $\sqrt{\text{Hz}}$;

G est le gain de l'amplificateur du récepteur optique (y compris le gain du circuit d'adaptation), exprimé en valeur réelle;

P_r est la puissance d'entrée du récepteur optique, exprimée en W;

e est la charge de l'électron, $1,602 \times 10^{-19}$, exprimée en C.

6.6.5 Calcul du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit en fonction de la valeur RIN

Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (R_{SIN}) à la sortie du V-ONU peut être calculé à l'aide de l'Équation (3):

$$R_{\text{SIN}} = 10 \lg \left(\frac{1}{B_N} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot (m_k \cdot R \cdot P_r)^2}{N_{\text{RIN}} \cdot (R \cdot P_r)^2 + 2 \cdot e \cdot (I_{\text{d0}} + R \cdot P_r) + I_{\text{eq}}^2} \right) [\text{dB}] \quad (3)$$

Le Tableau 6 répertorie les autres paramètres pertinents pour le calcul.

6.6.6 Calcul du RIN des composants

La méthode suivante peut être appliquée pour calculer le RIN des composants pour le signal optique à l'entrée d'un V-ONU, lorsque le 6.6.4 ne s'applique pas. Si le RIN d'entrée du premier EDFA (RIN du module d'émission optique) est exprimé par $N_{\text{RIN,in}}$, alors le RIN de sortie du n^{e} EDFA, $N_{\text{RIN,out}}$, est calculé à l'aide de l'Équation (4):

$$N_{\text{RIN,out}} = 10 \lg \left(\sum \frac{2 \cdot E \cdot 10^{\frac{N_{\text{FACT},n}}{10}}}{10^{\frac{P_n}{10}}} + 10^{\frac{N_{\text{RIN,in}}}{10}} \right) \quad (4)$$

où

E est l'énergie photonique, $E = hf$;

h est la constante de Planck, $6,62 \times 10^{-34}$ [J·s];

f est la fréquence, exprimée en Hz.

Si la longueur d'onde optique est de 1 555 nm, alors $E = 1,278 \times 10^{-16}$ mJ.

$N_{\text{FACT}, n}$ est le facteur de bruit du n^{e} EDFA, exprimé en dB;

P_n est la puissance optique d'entrée du n^{e} EDFA, exprimée en dB(mW).

NOTE Le terme " $1/G$ " dans l'Équation (12) de l'IEC TR 60728-6-1:2006 est très faible par rapport aux autres termes et peut donc être négligé.

De plus, même si la dégradation du RIN du fait de la diffusion de Rayleigh et des autres réflexions à l'intérieur de la fibre est faible, cette dégradation ne peut pas être négligée si un module d'émission optique présentant un RIN inférieur à -160 dB(Hz $^{-1}$) et des EDFA présentant un faible NF sont utilisés. L'Équation (5) suivante doit être utilisée pour calculer le RIN, $N_{\text{RIN},f}$, dû à la transmission par fibre:

$$N_{\text{RIN},f} = 10 \lg \left[\frac{s^2}{4} (2\alpha L - 1 + e^{-2\alpha L}) \cdot \frac{\Delta\nu}{\pi(f_{\text{RF}}^2 + \Delta\nu^2)} \right] \quad (5)$$

où

s est la proportion de puissance optique diffusée qui se propage dans la direction inverse,

$$s = \frac{1,5}{(\pi \cdot W \cdot \eta_1 / \lambda)^2};$$

α est l'affaiblissement de transmission dans la fibre. Si l'affaiblissement de transmission est de α_{dB} (dB/km), alors $\alpha = \alpha_{\text{dB}} / 4,343$;

L est la distance de transmission, exprimée en km;

$\Delta\nu$ est la largeur spectrale du signal optique lorsqu'il est modulé, exprimée en Hz;

f_{RF} est la fréquence de mesure, exprimée en Hz;

W est le diamètre du champ de mode de la fibre, exprimé en μm ;

η_1 est l'indice de réfraction du cœur de la fibre optique;

λ est la longueur d'onde, exprimée en μm .

Le RIN du signal optique à l'entrée du V-ONU est donné par l'Équation (6):

$$N_{\text{RIN}} = -10 \lg \left[10^{-(N_{\text{RIN},\text{out}}/10)} + 10^{-(N_{\text{RIN},f}/10)} \right] \quad (6)$$

Selon la valeur de RIN ci-dessus, le SINR peut être calculé à l'aide de l'Équation (3).

Tableau 6 – Paramètres utilisés pour le calcul du SINR

Paramètre	Remarques		
B_N	ISDB-C ISDB-C2 ISDB-T ISDB-S ISDB-S3	Voir Tableau 7	Ce paramètre dépend du format du signal de transmission. QAM: largeur de bande de l'IEC 60728-1:2014, Tableau I.1 OFDM: largeur de bande de l'IEC 60728-1:2014, Tableau I.1
	DVB-C DVB-C2 DVB-T DVB-T2 DVB-S DVB-S2	Voir Tableau 7	
K	Nombre de signaux de transmission		Ces paramètres dépendent du module d'émission optique, du signal de transmission, etc.
M_{total}	Indice de modulation optique total		
m_k	Indice de modulation optique du k^{e} signal (signaux RF modulés)		
P_r	Puissance optique reçue (W)		Ce paramètre dépend de la conception de la ligne de transmission
N_{RIN}	N_{RIN} de l'entrée du signal optique dans le V-ONU (dB(Hz ⁻¹))		Ce paramètre dépend du module d'émission optique, de l'amplificateur et de la ligne de transmission. Si le paramètre est inconnu, les valeurs suivantes peuvent être utilisées pour calculer le RIN d'entrée du signal optique dans le V-ONU. Le RIN du module d'émission optique pour la transmission multicanal est de -155 dB(Hz ⁻¹). Le RIN du module d'émission optique pour la retransmission est de -150 dB(Hz ⁻¹). Le NF de l'amplificateur optique est de 6,5 dB. Le RIN dû à la ligne de transmission optique est de -161 dB(Hz ⁻¹).
e	Charge d'un électron ($1,602 \times 10^{-19}$ C)		Constante physique.
R	Sensibilité du V-ONU (A/W)		Les valeurs types de ces paramètres sont données en 6.6.7.
I_{d0}	Courant d'obscurité du V-ONU (A)		

6.6.7 Exemple de calcul du SINR

Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) peut être calculé avec les paramètres types suivants:

Paramètre	ISDB-C	DVB-C
Largeur de bande de bruit	5,3 MHz	6,96 MHz
Nombre de signaux	$K = 57$ canaux	$K = 50$ canaux
Indice de modulation total	0,264	0,264
RIN du signal optique à l'entrée d'un V-ONU	$-148 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$	$-148 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$
Sensibilité du V-ONU	0,89 A/W	0,9 A/W
Courant d'obscurité du V-ONU	0,1 nA	0,1 nA
Densité de courant d'entrée équivalente au bruit pour le préamplificateur avant le V-ONU	$7 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	$7 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$

NOTE Le RIN du signal optique à l'entrée du V-ONU est calculé. Le RIN dû à la ligne de transmission optique est de $-161 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$ lorsque le RIN du module d'émission optique est de $-155 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$ et que le NF de l'amplificateur optique est de 6,5 (une seule étape, entrée optique 0 dB(mW)).

Si par hypothèse, l'indice de modulation optique de tous les signaux est le même, alors l'indice de modulation optique (m_k) par signal est donné par l'Équation (7):

$$m_k = \frac{0,264}{\sqrt{57}} \cong 0,035 \quad (7)$$

Si l'entrée optique du V-ONU est de $-9,6 \text{ dB}(\text{mW})$, selon l'Équation (3), le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit calculé est de 40,6 dB.

Le Tableau 7 indique la largeur de bande de bruit pour le signal RF des systèmes de radiodiffusion.

Tableau 7 – Largeur de bande de bruit pour le signal RF

Signal de radiodiffusion			Largeur de bande de bruit pour le signal RF MHz
Système	Modulation	Sous-porteuse	
ISDB-T	OFDM	64-QAM / QPSK	5,572 4
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	—	5,274
	256-QAM	—	5,274
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	5,71
		1 024-QAM	5,71
		4 096-QAM (4/5)	5,71
		4 096-QAM (5/6)	5,71
ISDB-S	QPSK, TC-8PSK:	—	28,86
ISDB-S3	16APSK:	—	33,756 1
DVB-T	COFDM	64-QAM (2/3)	7,61
DVB-T2	COFDM	256-QAM (2/3)	7,61
DVB-C	64-QAM	—	6,96
	256-QAM	—	6,96
DVB-C2	COFDM	256-QAM	7,61
		1 024-QAM	7,61
		4 096-QAM (5/6, 9/10)	7,61
DVB-S	QPSK	—	27,5
		—	
DVB-S2	QPSK, 8PSK 16APSK, 32APSK	Facteur d'affaiblissement (0,35)	1-45 MS/s
		Facteur d'affaiblissement (0,25)	
		Facteur d'affaiblissement (0,2)	

Le présent tableau indique les largeurs de bande de bruit pour différents types de signaux. La largeur de bande fait référence à un canal (sous-porteuse).

6.7 Indice de modulation optique

L'indice de modulation optique (OMI) des signaux numériques doit être mesuré selon la méthode décrite dans l'IEC 60728-6:2011, 4.9. Dans le présent document, la fonction de commande automatique de gain (CAG) de puissance de l'émetteur doit être désactivée.

6.8 Écart diaphonique (SCR)

6.8.1 Généralités

Cette méthode de mesurage s'applique lorsque d'autres services (c'est-à-dire des signaux de communication numérique tels que GPON, GEAPON ou Ethernet point à point) outre la transmission des signaux de radiodiffusion CATV (c'est-à-dire des signaux de radiodiffusion 64/256 ou QAM plus élevés) sont transmis dans le réseau optique. D'autres services peuvent produire des effets de diaphonie dans les fibres optiques et dans les récepteurs optiques à haute linéarité.

Les effets de diaphonie peuvent survenir lorsque les signaux de radiodiffusion sont multiplexés par répartition en longueur d'onde (MRL) avec les signaux d'autres services sur la même fibre, en cas de filtrage insuffisant des longueurs d'onde optiques et/ou en présence d'effets optiques pertinents non linéaires dans la fibre. L'insuffisance du filtrage des longueurs d'onde optiques peut être due à la faible qualité du triplexeur. Les effets optiques non linéaires importants dans la fibre peuvent consister en une diffusion de Raman stimulée (SRS), une automodulation de phase (SPM) et une transmodulation de phase (XPM).

6.8.2 Matériel exigé

Le matériel suivant est exigé pour le mesurage:

- a) un système d'exécution avec service de radiodiffusion CATV mis en œuvre avec un ou plusieurs autres services, c'est-à-dire des services de télécommunication;
- b) un voltmètre sélectif (ou un analyseur de spectre) couvrant la plage de fréquences du service de radiodiffusion CATV;
- c) des longueurs de fibre permettant de connecter les émetteurs, les filtres optiques MRL, un amplificateur optique, des affaiblisseurs optiques, un système de modification de l'état de polarisation optique et les récepteurs.

6.8.3 Exigences générales pour le mesurage

Le mesurage doit être effectué en suivant les étapes décrites en 6.8.4.

- a) Sauf exigence contraire, les niveaux de référence utilisés pour les mesurages doivent être les niveaux normaux de fonctionnement.
- b) Lorsque le récepteur à mesurer comprend une commande automatique de niveau (ALC), les signaux pilotes du type, de la fréquence et du niveau appropriés doivent être maintenus pendant toute la durée des essais.

6.8.4 Procédure

- Régler la ou les tensions d'alimentation, ainsi que le ou les signaux d'entrée et de commande à la valeur ou aux valeurs spécifiées.
- Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 12.

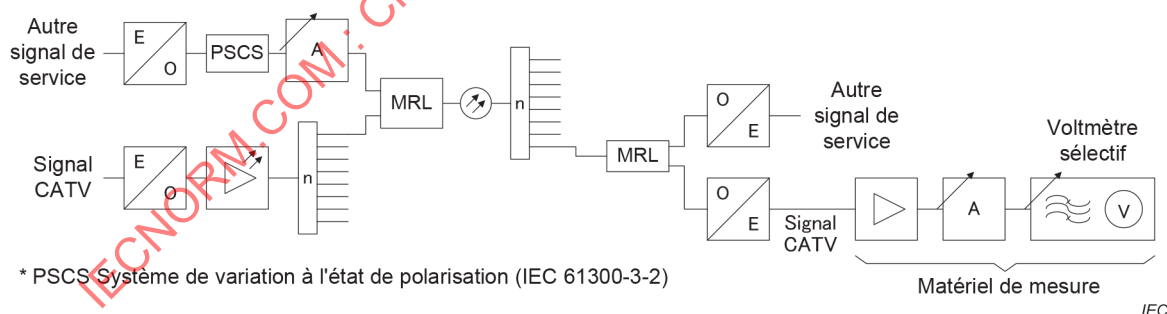


Figure 12 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la diaphonie

- c) Réaliser les mesurages lorsque les signaux des services fonctionnent de manière rapprochée et espacée dans chaque bande étudiée.
- d) Réaliser les mesurages sur l'ensemble de la plage de puissance optique spécifiée à l'entrée de la fibre optique en réglant les affaiblisseurs optiques A.
- e) Réaliser les mesurages sur l'ensemble de la plage de distance de transmission optique spécifiée en appliquant différentes longueurs de fibres; voir Figure C.6.
- f) Réaliser les mesurages avec différents diagrammes de signaux de communication pour les autres services. Par exemple, il convient de réaliser le mesurage avec et sans signal numérique inactif (avec et sans charge utile), car les caractéristiques du diagramme des signaux influencent l'intensité de la diaphonie.

- g) Connecter l'affaiblisseur RF variable A et le voltmètre sélectif à l'accès de sortie RF du récepteur optique pour le service de radiodiffusion CATV. Accorder le voltmètre pour chaque signal CATV et noter la valeur a_1 de l'affaiblisseur A exigée afin que le voltmètre R affiche une valeur appropriée pour le signal de référence. Il convient que la valeur de l'affaiblisseur a_1 soit légèrement plus élevée que le R_{SC} pour les autres services présumés à ce point de mesure.
- h) Accorder le voltmètre sur les produits générant de la diaphonie dans les autres services à mesurer et accorder le système de modification de l'état de polarisation (PSCS) pour les produits générant de la diaphonie dans les autres services à mesurer au niveau maximal. Réduire le réglage de l'affaiblisseur RF A à la valeur a_2 exigée pour obtenir la même valeur lue R par le voltmètre.
Il peut être nécessaire de désactiver temporairement un signal CATV qui occupe la bande de fréquences locale pertinente lors du mesurage de la diaphonie des autres services afin d'obtenir une valeur a_2 exacte.
- i) Le R_{SC} lié aux autres services, en dB, est donné par l'Équation (8):

$$R_{SC} = a_1 - a_2 \quad (8)$$

où

a_1 est la valeur de l'affaiblisseur RF A lors du mesurage du signal à l'essai utilisé comme référence, exprimée en dB;

a_2 est la valeur de l'affaiblisseur RF A lors du mesurage du produit de la diaphonie, exprimée en dB.

6.8.5 Sources d'erreur possibles

Les sources d'erreur suivantes sont possibles:

- a) l'inexactitude du voltmètre sélectif;
- b) l'inexactitude des affaiblisseurs variables.

6.8.6 Présentation des résultats

Le SCR provenant des autres services doit être exprimé en dB.

6.9 Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) RF des signaux de radiodiffusion par satellite

6.9.1 Généralités

Cette méthode s'applique au mesurage du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) des signaux RF pour les signaux à modulation numérique utilisant des formats tels que 16APSK, TC-8PSK, 8PSK, QPSK.

Le signal modulé est similaire au signal d'intermodulation et de bruit distribué dans la largeur de bande du canal; le mesurage repose sur l'emploi d'un analyseur de spectre approprié qui peut accorder la plage de fréquences du canal et afficher la totalité de la largeur de bande afin de mesurer les densités de puissance spectrale du signal et du bruit.

Le mesurage peut être réalisé au niveau de la prise d'abonné, à la sortie d'un équipement de distribution (passif ou actif), à la sortie de la tête de réseau ou à la sortie d'une unité extérieure (récepteur SHF) pour la réception par satellite.

6.9.2 Dispositif de mesure

La Figure 13 représente le dispositif de mesure. La source du signal et les modulateurs RF sont choisis de manière à générer des signaux avec le nombre souhaité de signaux ayant le format de modulation présumé utilisé lors du fonctionnement réel du système.

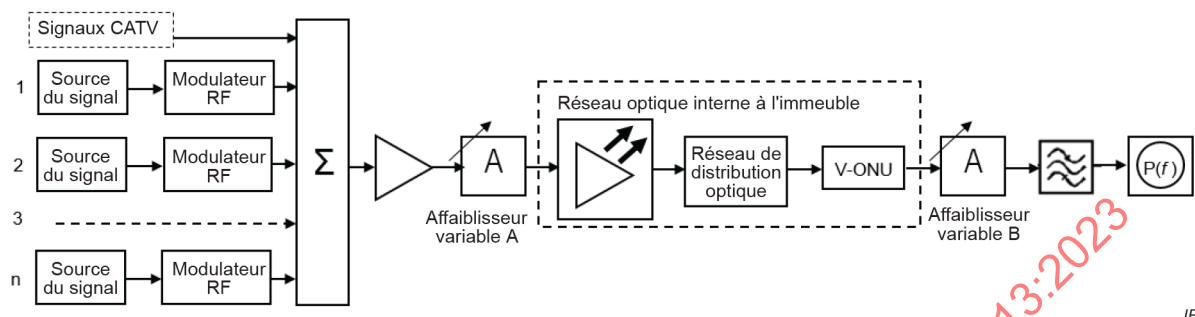


Figure 13 – Dispositif pour le mesurage du SINR de signaux de radiodiffusion par satellite

6.9.3 Matériel exigé

La liste suivante répertorie les équipements exigés:

- sources de signaux vidéo en bande de base;
- modulateurs de signaux RF adaptés au format de modulation considéré;
- autre signal vidéo CATV (facultatif);
- amplificateur RF avec un gain approprié;
- mélangeur pour les signaux de sortie des modulateurs avec une distorsion négligeable;
- affaiblisseurs variables;
- récepteur optique de référence;
- filtre passe-bande;
- analyseur de spectre capable d'accorder la plage de fréquences nominales du système.

6.9.4 Procédure de mesurage

Le mesurage du SINR doit être effectué en suivant la procédure décrite ci-dessous.

- Tous les canaux appliqués (charge de canal et canaux de mesure) doivent avoir le même niveau de sortie avec un écart compris dans la plage de $\pm 0,5$ dB au maximum, mesuré à l'entrée de l'amplificateur RF.
- Régler l'entrée sur l'amplificateur RF afin d'obtenir la sortie RF nominale. Le SINR de l'entrée du signal dans l'amplificateur RF ne doit pas altérer l'exactitude de mesure.
- Mesurer la puissance du signal de mesure (choisir la largeur de bande de mesure en fonction du format de modulation, par exemple 28,86 MHz pour TC-8PSK, 33,7561 MHz pour 16APSK).
- Couper le signal de mesure et le signal adjacent de chaque côté du signal de mesure et mesurer la puissance du bruit à l'intérieur de la largeur de bande de mesure. Lorsque le signal d'entrée est coupé, les systèmes en mode CAG du signal peuvent ne pas fonctionner correctement et la fonction CAG doit alors être désactivée et la commande manuelle de gain doit être utilisée pendant ces essais.

La puissance totale du bruit dans la largeur de bande de mesure doit être mesurée. Pour ce mesurage, des filtres passe-bande appropriés doivent être utilisés afin de filtrer l'intégralité du signal de la largeur de bande de mesure et ainsi éviter toute distorsion de signal à l'intérieur de l'analyseur de spectre.

- e) Calculer le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit SINR à l'aide de l'Équation (9) suivante:

$$R_{\text{SIN}} \text{ (dB)} = S_{\text{D, RF}} - N_{\text{IN}} \quad (9)$$

où

R_{SIN} est le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit, exprimé en dB;

$S_{\text{D, RF}}$ est le niveau de signal exprimé en dB(μV), en dB(mW) ou en dB(mW)/Hz;

N_{IN} est le niveau d'intermodulation et de bruit exprimé en dB(μV), en dB(mW) ou en dB(mW)/Hz.

- f) Répéter la procédure de c) à e) pour mesurer le SINR d'autres signaux de mesure.

NOTE 1 Pour le mesurage de signaux satellites, un nombre total de 50 signaux (TC-8PSK/16APSK) est privilégié.

NOTE 2 Régler les conditions de mesurage sur l'analyseur de spectre comme suit:

- intervalle de fréquence: 50 MHz;
- largeur de bande de résolution: 300 kHz;
- largeur de bande vidéo: 3 MHz;
- mode de détection: échantillon;
- moyenne: 30 fois ou plus.

6.9.5 Présentation des résultats

Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) mesuré doit être exprimé en dB.

6.10 Taux d'erreur binaire (TEB) du système

6.10.1 Vue d'ensemble

Cette méthode d'essai a pour objet de mesurer le taux d'erreur binaire (TEB) du signal RF à modulation numérique à chaque point de mesure.

Le mesurage du taux d'erreur binaire décrit dans le présent paragraphe est effectué en démodulant le signal de radiodiffusion au moyen de l'analyseur de signaux numériques. Le TEB peut également être estimé par un mesurage RF de la fonction de distribution cumulative complémentaire (CCDF) du bruit dans un canal de transmission. Consulter l'Annexe E pour une description du mesurage de la fonction de distribution cumulative complémentaire et de l'estimation du taux d'erreur binaire.

6.10.2 Raccordement du matériel

La Figure 14 représente le dispositif de mesure du taux d'erreur binaire.

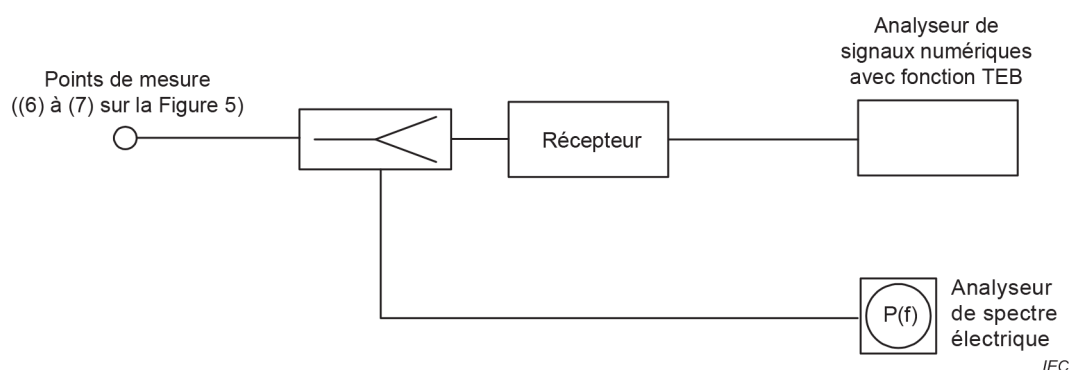


Figure 14 – Dispositif d'essai pour le mesurage du TEB

6.10.3 Procédure de mesurage

Le mesurage doit être effectué en suivant la procédure décrite ci-dessous.

- D'abord, mesurer le niveau du signal et le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) du canal utilisé pour le signal utile, au moyen d'un analyseur de spectre.
- Régler le canal souhaité sur le syntoniseur de signaux numériques ou sur l'analyseur de signaux numériques. Il convient de désactiver l'état de la FEC.
- Mesurer le taux d'erreur binaire au moyen d'un instrument de mesure du taux d'erreur binaire ou d'un analyseur de signaux numériques. Il convient de mesurer le taux d'erreur binaire plusieurs fois, puis de calculer et consigner la valeur moyenne.

6.10.4 Présentation des résultats

Le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) mesuré doit être exprimé en dB. Le TEB doit être exprimé sans unité.

6.11 Mesurage du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) par rapport au taux d'erreur binaire (TEB)

6.11.1 Généralités

Cette méthode d'essai a pour objet de mesurer la relation entre le taux d'erreur binaire (TEB) et le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) du signal RF à modulation numérique à chaque point de mesure.

6.11.2 Raccordement du matériel

La Figure 15 représente le dispositif de mesure du taux d'erreur binaire par rapport au SINR.

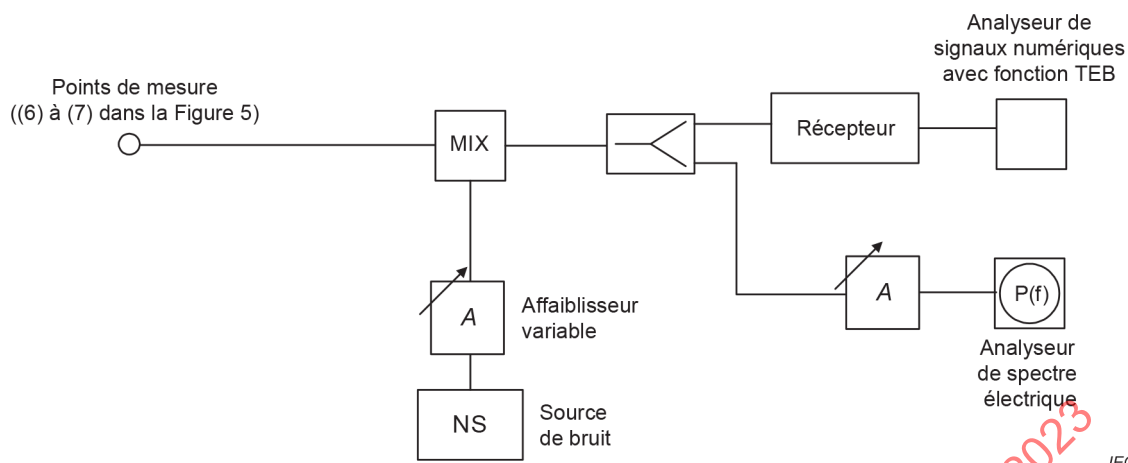


Figure 15 – Dispositif d'essai pour la procédure de mesure du rapport signal sur intermodulation et signal/bruit (SINR) par rapport au taux d'erreur binaire (TEB)

Le mesurage doit être effectué en suivant la procédure décrite ci-dessous.

- Ce mesurage peut être réalisé dans les conditions de fonctionnement.
- Les instruments sont connectés conformément au diagramme de mesure.
- Mesurer le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit.

Désactiver toutes les corrections d'erreur de RS et mesurer le taux d'erreur binaire au moyen de l'analyseur de signaux numériques avec fonction de mesure du TEB ou de l'instrument de mesure du TEB.

- Si la correction des erreurs ne peut pas être désactivée ou lorsque la correction des erreurs de LDPC est utilisée, le mesurage des faibles conditions d'erreur comme $TEB = 10^{-11}$ prend généralement du temps. Dans ce cas, la méthode par extrapolation peut être appliquée comme cela est décrit ci-dessous.

La Figure 16 représente la méthode de mesure du taux d'erreur binaire par extrapolation.

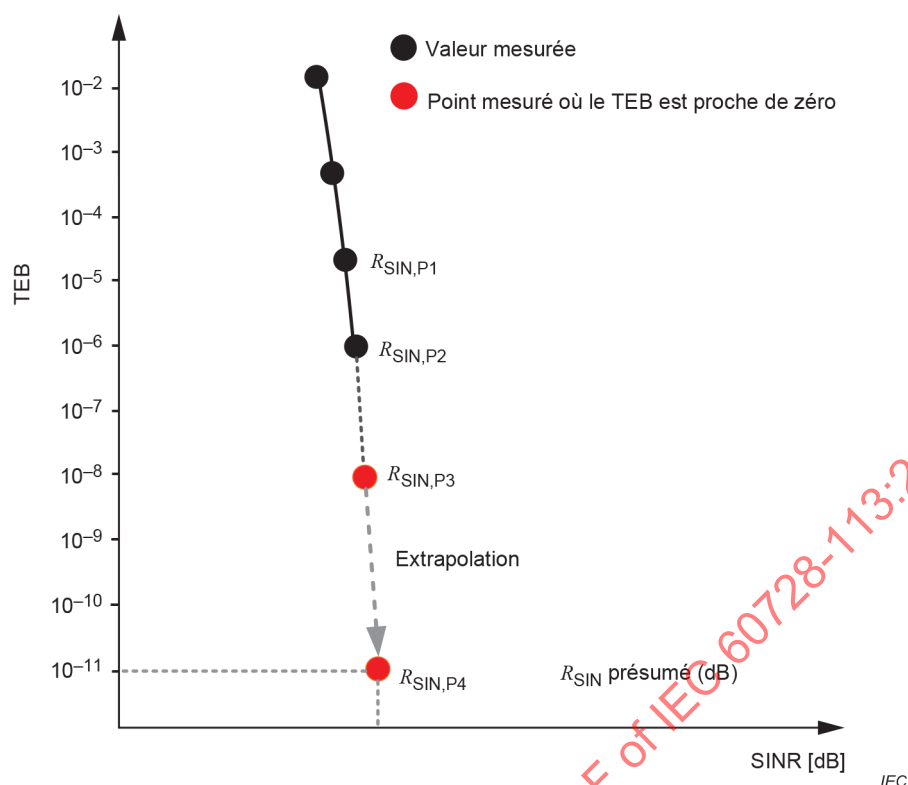


Figure 16 – Méthode de mesure du taux d'erreur binaire par extrapolation

Mesurer trois valeurs de SINR pour $R_{\text{SIN}, P1}$, $R_{\text{SIN}, P2}$ et $R_{\text{SIN}, P3}$, comme cela est représenté à la Figure 16, et trouver $R_{\text{SIN}, P4}$ qui coupe la ligne de $\text{TEB} = 10^{-11}$ et la ligne inclinée entre les points P2 et P3. $R_{\text{SIN}, P4}$ peut être calculé à l'aide de l'Équation (10). Voir l'Annexe B pour une description plus précise de la méthode et les résultats obtenus.

$$R_{\text{SIN}, P4} = 2 \cdot \frac{\lg(10^{-11}) - \lg(R_{\text{BER}, P3})}{\frac{\lg(R_{\text{BER}, P2}) - \lg(R_{\text{BER}, P1})}{R_{\text{SIN}, P2} - R_{\text{SIN}, P1}} + \frac{\lg(R_{\text{BER}, P3}) - \lg(R_{\text{BER}, P2})}{R_{\text{SIN}, P3} - R_{\text{SIN}, P2}}} + R_{\text{SIN}, P3} \quad (10)$$

Mesurer le SINR à l'entrée de l'instrument de mesure et le TEB en faisant varier la valeur de l'affaiblisseur.

6.11.3 Présentation des résultats

La Figure 17 représente un exemple de mesure du taux d'erreur binaire par rapport au SINR. Le rapport signal sur bruit SINR mesuré doit être exprimé en dB. Le TEB doit être exprimé sans unité.

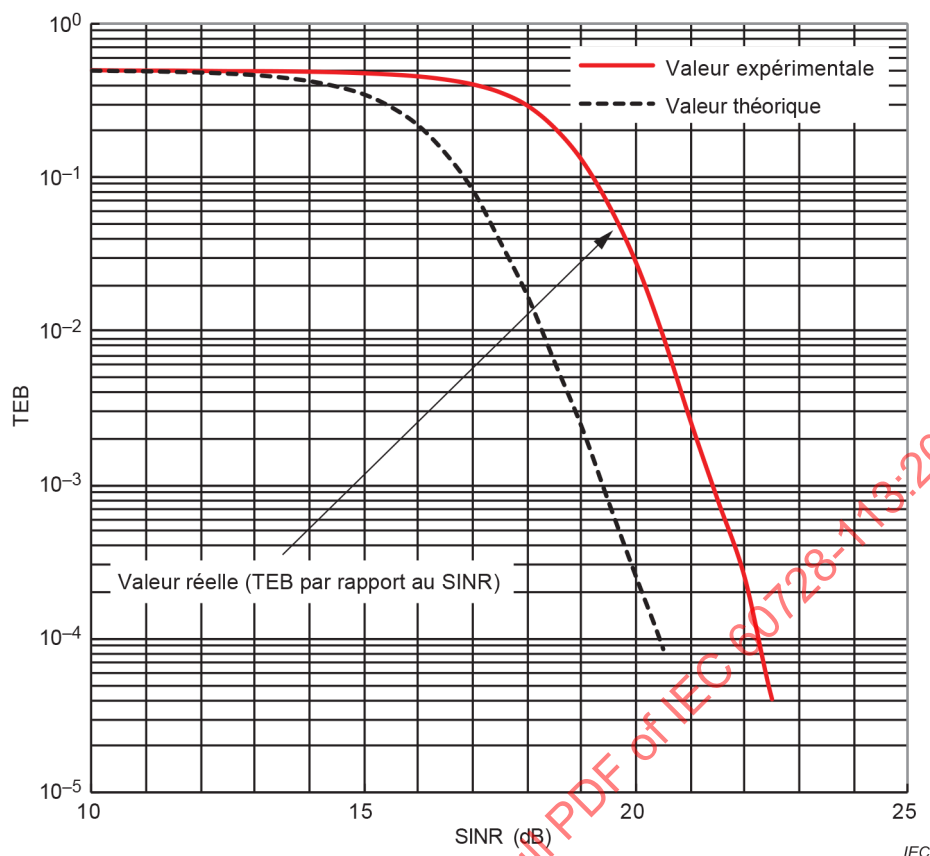


Figure 17 – Exemple de caractéristiques du SINR par rapport au TEB

6.12 Marges d'immunité au bruit du système

6.12.1 Généralités

Cette méthode d'essai a pour objet de mesurer la valeur de la différence (marge d'immunité au bruit) entre la valeur du SINR lorsque $TEB = 1 \times 10^{-4}$ et le SINR du système, en cas de correction des erreurs du RS. En cas de correction des erreurs LDPC, le calcul doit être effectué pour $TEB = 1 \times 10^{-11}$. Dans ce cas, il convient de mesurer le SINR par extrapolation comme cela est décrit en 6.11.2. Le mesurage doit être réalisé aux points de mesure (6) et (7) comme cela est représenté à la Figure 5, où le SINR du système complet est mesuré.

6.12.2 Raccordement du matériel

La Figure 18 représente le dispositif de mesure de la marge d'immunité au bruit du système.

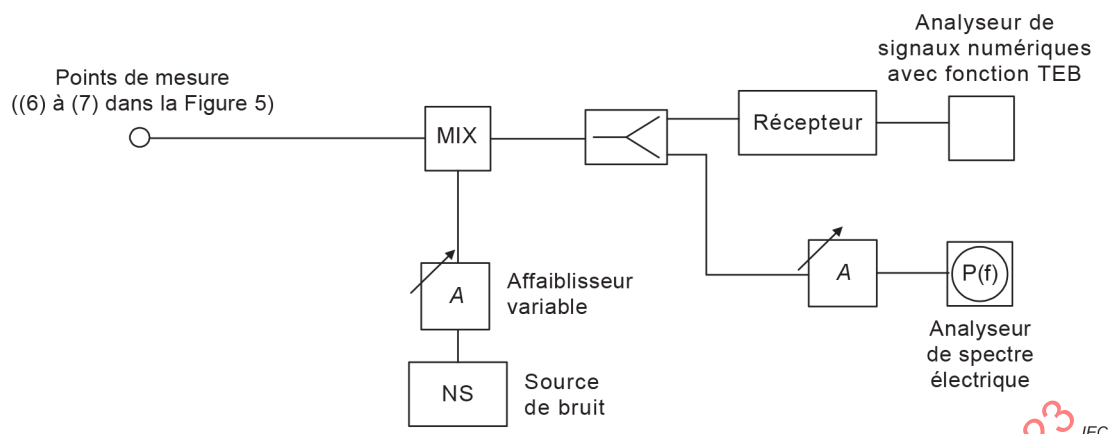


Figure 18 – Dispositif d'essai pour le mesurage de la marge d'immunité au bruit du système

6.12.3 Procédure de mesurage

Le mesurage doit être effectué en suivant la procédure décrite ci-dessous.

- Préparer le système de mesure, comme cela est représenté à la Figure 18.
- L'analyseur de spectre et l'analyseur de signaux numériques (ou syntoniseur numérique + instrument de mesure du taux d'erreur binaire) sont raccordés à chaque point de mesure.
- Régler la fréquence de mesure sur l'instrument de mesure.
- Mesurer le taux d'erreur binaire avant la correction des erreurs du RS au moyen de l'analyseur de signaux numériques ou du syntoniseur numérique + instrument de mesure du taux d'erreur binaire.
- Mesurer R_{SIN1} à la fréquence de mesure.
- Ajouter du bruit en faisant varier le niveau d'affaiblissement jusqu'au TEB avant que la correction des erreurs du RS n'atteigne 1×10^{-4} .
- Mesurer R_{SIN2} .
- Calculer la marge d'immunité au bruit (M_{IN}) à l'aide de l'Équation (11):

$$M_{\text{IN}} = R_{\text{SIN1}} - R_{\text{SIN2}} \text{ en dB} \quad (11)$$

6.12.4 Présentation des résultats

La Figure 19 représente un exemple de mesurage de la marge d'immunité au bruit du système.

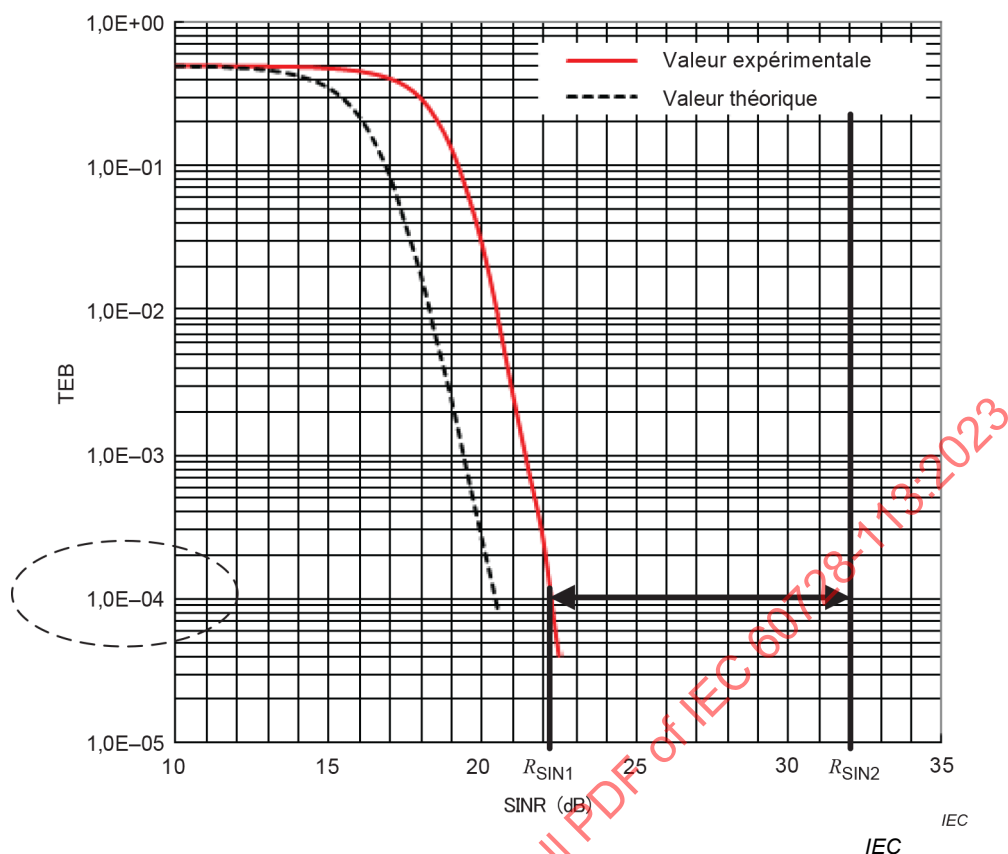


Figure 19 – Exemple de caractéristiques de marge d'immunité au bruit du système

6.13 Rapport d'erreur de modulation (MER)

6.13.1 Généralités

Cette méthode d'essai a pour objet de mesurer le rapport d'erreur de modulation (MER) à chaque point de mesure du système DFA.

6.13.2 Raccordement du matériel

La Figure 20 représente le dispositif de mesure du MER.

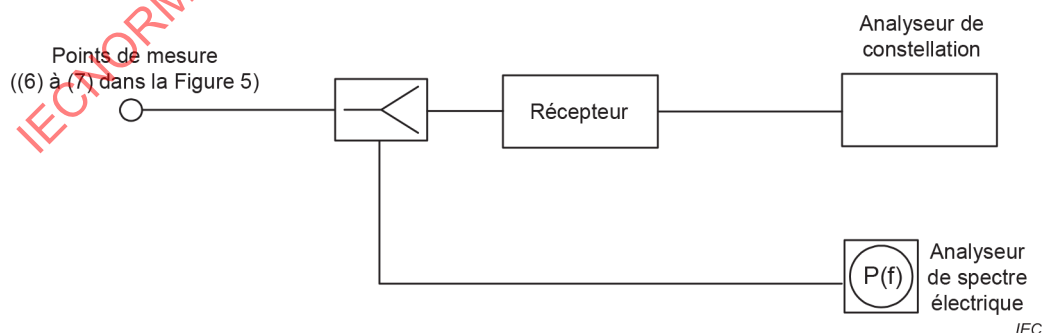


Figure 20 – Dispositif d'essai pour le mesurage du MER

6.13.3 Procédure de mesure

Le mesurage doit être effectué en suivant la procédure décrite ci-dessous.

- L'analyseur de signaux numériques est raccordé à chaque point de mesure.
- Configurer chaque paramètre de l'analyseur de signaux numériques.
- Régler la fréquence du signal et le niveau de référence.
- Régler le mode, l'intervalle de garde, le paramètre TMCC si cela est nécessaire.
- Mesurer le MER.

6.13.4 Présentation des résultats

La Figure 21 représente un exemple de mesurage de la marge d'immunité au bruit du système. Le MER mesuré doit être exprimé en dB.

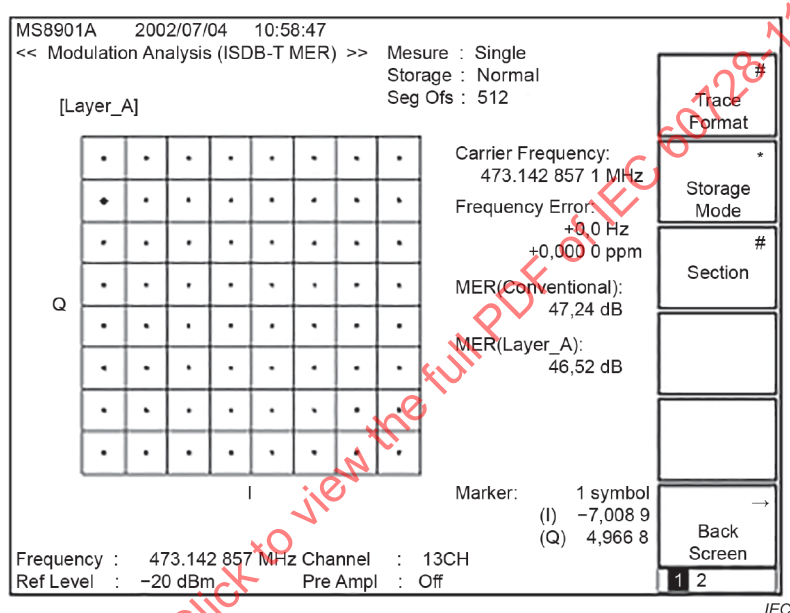


Figure 21 – Exemple de résultat pour le mesurage du MER (format de modulation 64-QAM)

6.14 Caractéristiques des fréquences dans la bande entre le module d'émission optique et le V-ONU

6.14.1 Vue d'ensemble

Cette méthode de mesure a pour objet de mesurer les caractéristiques des fréquences dans la bande en transmission entre le module d'émission optique et le V-ONU.

6.14.2 Dispositif de mesure

Un générateur de signaux, dont la plage de fréquences est supérieure à la plage présumée du réseau interne de l'immeuble, est raccordé au module d'émission optique. Un analyseur de spectre électrique est raccordé au V-ONU afin de mesurer l'amplitude de la sortie RF du V-ONU.

Un analyseur de réseau peut être utilisé en lieu et place du générateur de signaux et de l'analyseur de spectre. Un analyseur de spectre avec un générateur de poursuite peut également être utilisé. Si des câbles coaxiaux de longueur supérieure sont utilisés pour le mesurage, les amplitudes doivent être corrigées par la réponse en fréquence à chaque fréquence.

6.14.3 Méthode de mesure

Le mesure doit être effectué en suivant la procédure décrite ci-dessous.

- Connecter le matériel, comme cela est représenté à la Figure 22.
- Régler la tension d'alimentation, ainsi que les signaux de commande de l'équipement de transmission aux conditions de fonctionnement réelles.
- Mesurer la tension de sortie du signal appliquée par le V-ONU dans l'ensemble des canaux dans la plage de fréquences présumées du réseau. Les valeurs lues doivent être corrigées en utilisant la réponse en fréquence connue du générateur de signaux et de l'analyseur de spectre, montés en opposition.
- Déterminer les amplitudes $A_{\max}$ et $A_{\min}$ aux intersections entre cette ligne et les limites $f_{\max}$ et $f_{\min}$ de la plage de fréquences (voir Figure 23). La différence $A_{\max} - A_{\min}$ doit être indiquée comme les caractéristiques des fréquences dans la bande entre le module d'émission optique et le V-ONU.

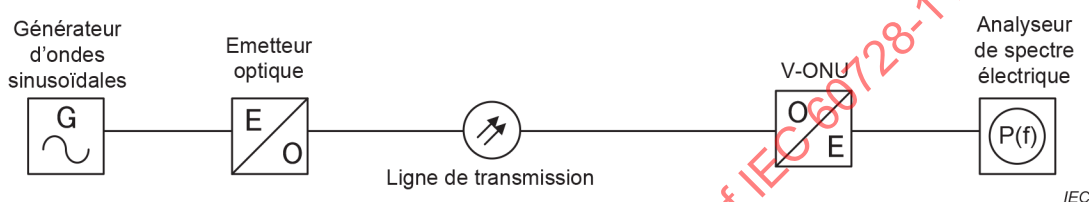


Figure 22 – Dispositif pour le mesure des caractéristiques des fréquences dans la bande

6.14.4 Présentation des résultats

Les caractéristiques des fréquences dans la bande doivent être exprimées en dB.

La Figure 23 représente un exemple de mesure des caractéristiques des fréquences dans la bande.

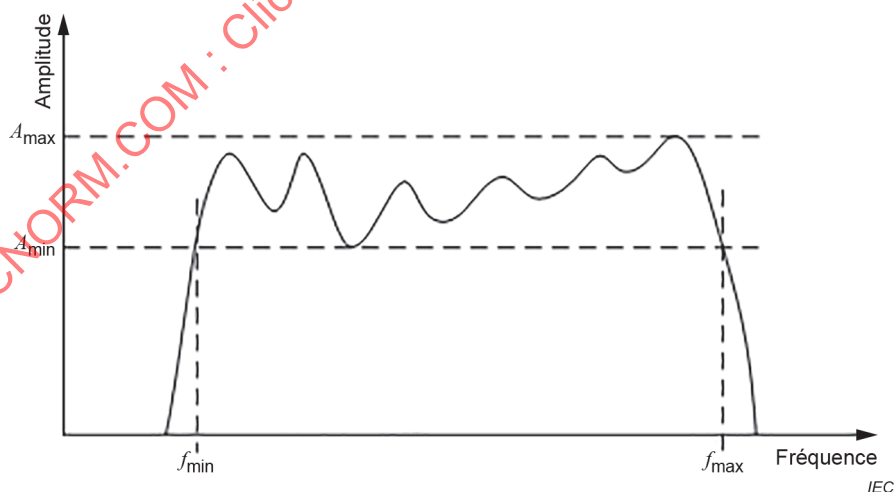


Figure 23 – Exemple de mesure des caractéristiques des fréquences dans la bande

7 Spécification du système optique pour la transmission de signaux de radiodiffusion

7.1 Système de radiodiffusion numérique par réseau optique

Pour les services de radiodiffusion numérique par des réseaux optiques, les méthodes de modulation 64/256-QAM ou OFDM avec 256, 1 024, et 4 096-QAM sont principalement utilisées. Les méthodes de transfert des signaux satellites de radiodiffusion (BS) et de communication (CS) (950 MHz à 3 300 MHz) modulés par 16APSK et xPSK sont également utilisées dans le système optique DFA. La Figure 24 représente les points de performance spécifiés dans le présent document. Elle représente aussi les points de mesure (les mêmes que les points de performance spécifiés) ainsi que des points de mesure supplémentaires pour vérifier les performances de fonctionnement du système optique.

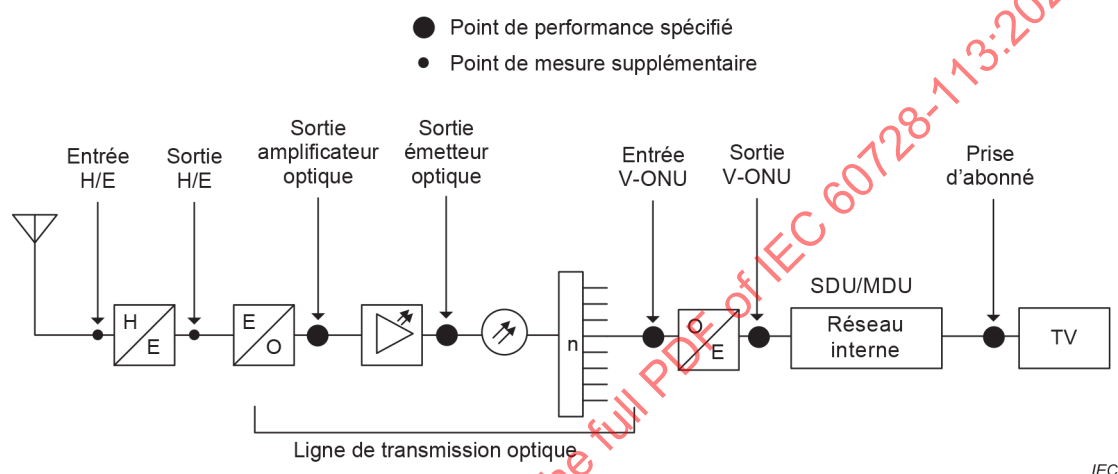


Figure 24 – Points de performance spécifiés

7.2 Niveaux du signal RF au niveau de la prise d'abonné

Les niveaux minimaux et maximaux du signal RF dépendent de nombreux facteurs, notamment les performances des récepteurs couramment utilisés et les pratiques d'installation locales. Les niveaux maximaux ne doivent pas être supérieurs et les niveaux minimaux ne doivent pas être inférieurs aux valeurs indiquées dans le Tableau 8. Les méthodes de mesurage du 6.5 doivent s'appliquer.

Tableau 8 – Niveaux du signal numérique au niveau de la prise d'abonné

Signal de radiodiffusion			Plage de fréquences MHz	Niveau minimal dB(μV)	Niveau maximal dB(μV)
Système	Modulation	Sous-porteuse			
ISDB-T	OFDM	64-QAM	47 MHz à 862 MHz	47	81
ISDB-C	64-QAM	–		49	81
(J.83, J.183)	256-QAM	–		55	81
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM		49	81
		1 024-QAM		56	81
		4 096-QAM (4/5)		60	81
		4 096-QAM (5/6)		63	81
ISDB-S	TC-8PSK (2/3)	–	950 MHz à 3 300 MHz	48	81
	QPSK (3/4)	–		48	81
ISDB-S3	16APSK (7/9)	–		48	81
DVB-T	COFDM	64-QAM	VHF/UHF	Voir "-101 ED1" ^a	Voir "-101 ED1" ^a
DVB-T2	COFDM	256-QAM			
DVB-C	64-QAM	–			
	256-QAM	–			
DVB-C2	COFDM	256-QAM			
		1 024-QAM			
		4 096-QAM (5/6)			
		4 096-QAM (9/10)			
DVB-S	QPSK	–	1 ^{ère} FI	47	77
DVB-S2	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK	–		47	77

^a Se reporter à l'IEC 60728-101:2016, Tableau 3 ("Niveaux du signal numérique au niveau de la prise d'abonné").

7.3 Rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF et attribution des performances

Le SINR minimal à la sortie de la tête de réseau, à la sortie du V-ONU et au niveau de la prise d'abonné, ainsi que le SINR par section pour la ligne de transmission et le réseau interne sont indiqués dans le Tableau 9 et le Tableau 10. Le Tableau 9 concerne les SDU tandis que le Tableau 10 concerne les MDU. Les méthodes de mesurage du 6.5 doivent s'appliquer. Pour les signaux à modulation numérique, le taux d'erreur binaire (TEB) doit être utilisé comme paramètre de spécification seulement à l'entrée de tête de réseau. Moins de 1×10^{-4} est exigé pour les signaux de radiodiffusion à modulation numérique avant la FEC dans le cas du RS (204, 188). Pour les autres méthodes de FEC, moins de 1×10^{-11} est exigé après la FEC. La dégradation équivalente de bruit (END, *Equivalent Noise Degradation*), la marge d'immunité au bruit (NM), le rapport d'erreur de modulation (MER) et l'amplitude du vecteur d'erreur (EVM) peuvent être utilisés comme paramètres supplémentaires à l'entrée de tête de réseau.

Tableau 9 – SINR minimal (cas des SDU)

Signal de radiodiffusion			SINR à la sortie H/E	SINR dans la ligne de transmission optique	SINR à la sortie du V-ONU	SINR du réseau interne	SINR au niveau de la prise d'abonné
Système	Modulation	Sous-porteuse					
			dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-T	OFDM	64-QAM	27	30	25	45	24
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	–	35	28	27	45	26
	256-QAM	–	41	34	33	51	32
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	35	28	27	45	26
		1 024-QAM	42	36	35	51	33
		4 096-QAM(4/5)	46	39	38	53	37
		4 096-QAM(5/6)	49	42	41	55	40
ISDB-S	TC-8PSK(2/3)	–	16 ^a	15	12	38	11
	QPSK (3/4)	–	11 ^a	15	9	38	8
ISDB-S3	16APSK(7/9)	–	21 ^a	15	14	38	13 ^a
DVB-T	COFDM	64-QAM	27	–	25	–	24
DVB-T2	COFDM	256-QAM	33	–	31	–	30
DVB-C	64-QAM	–	36	–	29	–	28
	256-QAM	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	COFDM	256-QAM	35	–	29	–	28
		1 024-QAM	42	–	35	–	34
		4 096-QAM(5/6)	46	–	38	–	37
		4 096-QAM(9/10)	49	–	41	–	40
DVB-S	QPSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
DVB-S2	8PSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
	16APSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2

NOTE 1 Se reporter à l'IEC 60728-101:2016, Tableau 17 pour le *S/N* au niveau de l'entrée H/E pour différents débits de code.

NOTE 2 Se reporter à l'IEC 60728-101:2016, Tableau 9 pour le *S/N* au niveau de la prise d'abonné pour différents débits de code.

^a Cela indique la soustraction de "la dégradation correspondante du SINR due à l'affaiblissement par la pluie de 99 % dans le temps lors du mois le plus défavorable" du "SINR du signal d'entrée de tête de réseau". Se reporter à l'Annexe G pour une description de la relation entre la dégradation du SINR et l'affaiblissement par la pluie.

Tableau 10 – SINR minimal (cas des MDU)

Signal de radiodiffusion			SINR à la sortie H/E	SINR dans la ligne de transmission optique	SINR à la sortie du V-ONU	SINR du réseau interne	SINR au niveau de la prise d'abonné
Système	Modulation	Sous-porteuse					
			dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-T	OFDM	64-QAM	27	30	25	33	24
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	–	35	28	27	33	26
	256-QAM	–	41	34	33	39	32
ISDB-C2 (J.382)	OFDM	256-QAM	35	28	27	33	26
		1 024-QAM	42	36	35	39	33
		4 096-QAM (4/5)	46	42	40	41	37
		4 096-QAM (5/6)	49	46	44	43	40
ISDB-S	TC-8PSK (2/3)	–	16 ^a	15	12	24	11
ISDB-S3	QPSK (3/4)	–	11 ^a	15	9	24	8
	16APSK (7/9)	–	21 ^a	15	14	24	13 ^a
DVB-T	COFDM	64-QAM	27	–	25	–	24
DVB-T2	COFDM	256-QAM	33	–	31	–	30
DVB-C	64-QAM	–	36	–	29	–	28
	256-QAM	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	COFDM	256-QAM	35	–	29	–	28
		1 024-QAM	42	–	35	–	34
		4 096-QAM (5/6)	46	–	38	–	37
		4 096-QAM (9/10)	49	–	41	–	40
DVB-S	QPSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
DVB-S2	8PSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
	16APSK	–	NOTE 1	–	–	–	NOTE 2
Un niveau optique approprié à l'entrée du V-ONU doit être choisi au moment de la conception du système dans le réseau interne pour les MDU et les SDU. Toutes les valeurs indiquent les exigences minimales. NOTE 1 Se reporter à l'IEC 60728-101:2016, Tableau 17 pour le SINR au niveau de l'entrée H/E pour différents débits de code. NOTE 2 Se reporter à l'IEC 60728-101:2016, Tableau 9 pour le SINR au niveau de la prise d'abonné pour différents débits de code. ^a Cela indique la soustraction de "la dégradation correspondante du SINR due à l'affaiblissement par la pluie de 99 % dans le temps lors du mois le plus défavorable" du "S/NR du signal d'entrée de tête de réseau". Se reporter à l'Annexe G pour une description de la relation entre la dégradation du SINR et l'affaiblissement par la pluie.							

Le Tableau 11 répertorie les exigences minimales concernant le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF en fonctionnement pour les systèmes de radiodiffusion couverts par le présent document.

Tableau 11 – Exigences minimales concernant le rapport signal sur intermodulation et signal/bruit des signaux RF, en fonctionnement

Système	Modulation	Débit de code	SINR minimal des signaux RF à l'entrée de tête de réseau				SINR minimal des signaux RF au niveau de la prise d'abonné			
			dB				dB			
DVB-S	QPSK	1/2	8,6				6,6			
		2/3	10,5				8,5			
		3/4	11,6				9,6			
		5/6	12,6				10,6			
		7/8	13,3				11,3			
DVB-S2	QPSK 8PSK 16APSK 32APSK ^b	–	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK	QPSK	8PSK	16APSK	32APSK
		1/4	3,7	–	–	–	1,7	–	–	–
		1/3	4,8	–	–	–	2,8	–	–	–
		2/5	5,7	–	–	–	3,7	–	–	–
		1/2	7,0	–	–	–	5,0	–	–	–
		3/5	8,3	11,5	–	–	6,3	9,5	–	–
		2/3	9,1	12,6	15,0	–	7,1	10,6	13,0	–
		3/4	10,0	13,9	16,2	18,8	8,0	11,9	14,2	16,8
		4/5	10,7	–	17,1	19,7	8,7	–	15,1	17,7
		5/6	11,2	15,4	17,6	20,3	9,2	13,4	15,6	18,3
		8/9	12,2	16,7	18,9	21,7	10,2	14,7	16,9	19,7
		9/10	12,4	17,0	19,2	22,1	10,4	15,0	17,2	20,1
DVB-C	16-QAM		25,9				19 ^a			
	64-QAM		31,9				25 ^a			
	256-QAM		37,9				31 ^a			
DVB-C2	16-QAM	4/5	–				13			
		9/10	–				15			
	64-QAM	2/3	–				16			
		4/5	–				18			
		9/10	–				21			
	256-QAM	3/4	–				22			
		5/6	–				24			
		9/10	–				27			
	1 024-QAM	3/4	–				28			
		5/6	–				31			
		9/10	–				33			
	4 096-QAM	5/6	–				40			
		9/10	–				42			
DVB-T COFDM	QPSK ^b		Mode 2K et mode 8K				Mode 2K		Mode 8K	
		1/2	6,1				4,9		5,1	
		2/3	8,2				7,2		7,4	
		3/4	9,3				8,5		8,6	
		5/6	10,5				9,9		10,0	
		7/8	11,3				10,9		11,0	
	16-QAM ^b		Mode 2K et mode 8K				Mode 2K		Mode 8K	
		1/2	12,2				11,0		11,2	
		2/3	14,2				13,2		13,4	
		3/4	15,6				14,7		14,9	
		5/6	17,1				16,4		16,6	
		7/8	17,7				17,3		17,3	
	64-QAM ^b		Mode 2K et mode 8K				Mode 2K		Mode 8K	
		1/2	17,4				16,1		16,3	
		2/3	20,0				19,0		19,2	
		3/4	21,6				20,7		20,9	
		5/6	23,3				22,5		22,6	
		7/8	24,5				23,8		23,9	

Système	Modulation	Débit de code	SINR minimal des signaux RF à l'entrée de tête de réseau dB	SINR minimal des signaux RF au niveau de la prise d'abonné dB	
DVB-T2 COFDM	QPSK		L. b. LDPC: 64 800 bits ^c	L. b. LDPC: 16 200 bits	L. b. LDPC: 64 800 bits
		1/2	5,2	4,2	4,4
		3/5	6,5	5,5	5,7
		2/3	7,4	6,4	6,6
		3/4	8,4	7,4	7,6
		4/5	9,1	8,1	8,3
		5/6	9,6	8,6	8,8
	16-QAM		L. b. LDPC: 64 800 bits ^c	L. b. LDPC: 16 200 bits	L. b. LDPC: 64 800 bits
		1/2	10,2	9,2	9,4
		3/5	11,8	10,8	11,0
		2/3	13,1	12,1	12,3
		3/4	14,4	13,4	13,6
		4/5	15,2	14,2	14,4
		5/6	15,8	14,8	15,0
	64-QAM		L. b. LDPC: 64 800 bits ^c	L. b. LDPC: 16 200 bits	L. b. LDPC: 64 800 bits
		1/2	14,2	13,2	13,4
		3/5	16,3	15,3	15,5
		2/3	17,8	16,8	17,0
		3/4	19,4	18,4	18,6
		4/5	20,6	19,6	19,8
		5/6	21,2	20,2	20,4
	256-QAM		L. b. LDPC: 64 800 bits ^c	L. b. LDPC: 16 200 bits	L. b. LDPC: 64 800 bits
		1/2	17,6	16,6	16,8
		3/5	20,3	19,3	19,5
		2/3	22,1	21,1	21,3
		3/4	24,3	23,3	23,5
		4/5	25,7	24,7	24,9
		5/6	26,4	25,4	25,6
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM		35	26	
	256-QAM		41	32	
ISDB-T (OFDM)	64-QAM	3/4	(27) ^d	24	
ISDB-C2 (J.382) (OFDM)	256-QAM ^c	3/4			
		5/6	35	26	
		9/10			
	1 024-QAM ^c	3/4			
		5/6	42	33	
	4 096-QAM ^c	9/10			
		4/5	46	37	
	4 096-QAM ^c	5/6	49	40	
ISDB-S	TC-8PSK	2/3	16	11	
ISDB-S3	QPSK	3/4	11	8	
	16APSK	7/9	21	13	

^a Les valeurs ci-dessus tiennent compte de la distribution simultanée des signaux numériques. Ces valeurs s'appuient sur l'hypothèse de l'absence de bruit d'intermodulation, ou que celui-ci peut être omis et qu'un taux d'erreur binaire de 10^{-4} est atteint, avant le décodage Reed-Solomon. Pour les réseaux CATV, l'intermodulation doit être prise en compte dans le même domaine temporel que le bruit d'écrtage et il convient d'ajouter une marge de 6 dB, même si le signal est régénéré à la tête de réseau.

^b Ces valeurs tiennent compte du bruit blanc et du bruit des impulsions.

^c Ces valeurs sont calculées conformément au Tableau 4 et au Tableau 18 de l'ETSI TS 102 991 et sont prévues pour un PER de 10^{-7} après les décodeurs LDPC et BCH.

^d Chaque valeur est définie dans le TEB 1×10^{-4} avant le décodage Reed-Solomon, pas dans le SINR.

7.4 Relation entre le RIN et le SINR

7.4.1 Types de services de radiodiffusion

Le service de radiodiffusion CATV relevant du domaine d'application du présent document peut être classé selon trois types:

- CATV de type métropolitain;
- CATV de type local;
- CATV de type réception médiocre du signal.

Les canaux de radiodiffusion peuvent être transmis en utilisant une ou deux longueurs d'onde (MRL).

Le Tableau 12 répertorie les types de services de radiodiffusion avec le nombre habituel de signaux. Il convient de se reporter à l'Annexe A pour la combinaison de signaux numériques et de signaux satellites dans la conception du système réel.

Le système de services multicanaux de type métropolitain, pour une distance de transmission plus longue et un nombre supérieur d'abonnés, utilise un émetteur avec une méthode de modulation externe de l'intensité pour la transmission des signaux numériques et des signaux satellites. Dans les services multicanaux avec service supplémentaire SAT-FI, les canaux SAT-FI sont transmis en utilisant une méthode de modulation directe de l'intensité.

Le système de service de retransmission est une installation de réception de faibles dimensions, en admettant par hypothèse une réception médiocre des programmes de télévision diffusés, neuf signaux numériques et un service SAT-FI pour le service de retransmission. La plupart des systèmes de service de retransmission n'exigent pas un EDFA, ou exigent un EDFA seulement, et le système optique utilise une méthode de modulation directe de l'intensité en général.

Tableau 12 – Types de services de radiodiffusion

Type de service	Nombre de longueurs d'onde		Nombre de signaux	Système	Modulation du canal	Modulation de la sous-porteuse	Remarque
CATV de type métropolitain	1		80 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signaux avec une fréquence inférieure à 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- à 256-QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64-QAM 256-QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	256- à 4 096-QAM	
			24 signaux	ISDB-S	xPSK	—	Signaux avec une fréquence supérieure à 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
	2	λ_1	80 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signaux avec une fréquence inférieure à 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- à 256-QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64-QAM 256-QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	256- à 4 096-QAM	
		λ_2	24 signaux	ISDB-S	xPSK	—	Signaux avec une fréquence supérieure à 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
CATV de type local	1		11 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signaux avec une fréquence inférieure à 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- à 256-QAM	
			48 signaux	ISDB-S	xPSK	—	Signaux avec une fréquence supérieure à 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
	2	λ_1	11 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signaux avec une fréquence inférieure à 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- à 256-QAM	
		λ_2	48 signaux	ISDB-S	xPSK	—	Signaux avec une fréquence supérieure à 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	

Type de service	Nombre de longueurs d'onde		Nombre de signaux	Système	Modulation du canal	Modulation de la sous-porteuse	Remarque
CATV de type réception médiocre du signal	1		9 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signaux avec une fréquence inférieure à 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- à 256-QAM	
			24 signaux	ISDB-S	xPSK	—	Signaux avec une fréquence supérieure à 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	
	2	λ_1	9 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64-QAM	Signaux avec une fréquence inférieure à 1 GHz
				DVB-T2	COFDM	16- à 256-QAM	
		λ_2	24 signaux	ISDB-S	xPSK	—	Signaux avec une fréquence supérieure à 1 GHz (satellite)
				ISDB-S3	16APSK	—	

7.4.2 Types de services de radiodiffusion et niveau de signal relatif

Le Tableau 13 indique les types de services de radiodiffusion et le niveau de signal relatif recommandé. Pour la combinaison de signaux numériques dans la conception du système réel, il convient de se reporter à l'Annexe A.

L'indice de modulation optique de la sous-porteuse dépend du nombre de sous-porteuses et de son niveau de porteuse relatif. En Europe, plusieurs types d'attributions de canaux sont utilisés, avec différentes constellations de systèmes/modulations (différentes modulations choisies, différents nombres de porteuses par modulation choisis). Pour une attribution de canal donnée, l'indice de modulation optique de la sous-porteuse (m_k) peut être calculé à l'aide de l'Équation (12) en fonction des nombres totaux n_i dans chaque type de sous-porteuse $i = 1, 2, \dots, N$ et du niveau de porteuse relatif (l_i) dans chaque type de sous-porteuse:

$$m_k = \frac{M_{\text{total}} \cdot 10^{l_k/20}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N n_i \cdot 10^{l_i/10}}} \quad (12)$$

Tableau 13 – Types de services de radiodiffusion et niveau de signal relatif

Signal de radiodiffusion			Niveau de signal relatif / (recommandé) dB
Système	Modulation du canal	Modulation de la sous- porteuse	
DVB-T	COFDM	64-QAM (2/3)	-10
ISDB-T	OFDM	64-QAM (2/3)	-6
ISDB-S	xPSK	—	-10
ISDB-S3	16APSK	—	-10
DVB-T2	COFDM	256-QAM (2/3)	-5
DVB-C / ISDB-C	64-QAM	—	-6
	256-QAM	—	0
DVB-C2	COFDM	256-QAM	-6
		1 024-QAM	0
		4 096-QAM (4/5)	+3
		4 096-QAM (9/10)	+6
ISDB-C2	OFDM	256-QAM	-6
		1 024-QAM	0
		4 096-QAM (4/5)	+2
		4 096-QAM (5/6)	+4
Largeur de bande occupée à l'émission: 47 MHz à 862 MHz (pour un système européen)			

7.4.3 Exigences de performance relatives au RIN

Les performances du système de transmission peuvent être exprimées par le bruit d'intensité relatif (RIN) du signal optique à l'entrée du V-ONU et par le SINR du signal électrique à la sortie du V-ONU. Le terme "V-ONU" est utilisé comme synonyme de récepteur optique (O/E) dans le présent document. Dans le cas de services employant deux longueurs d'onde, il est admis par hypothèse que le signal multiplexé est reçu par un seul V-ONU. L'Annexe D contient des informations précises sur le mesurage du RIN. Les valeurs de RIN exigées pour les deux types de services sont indiquées dans le Tableau 14. La méthode de modulation de l'intensité est utilisée pour tous les types de services.

Tableau 14 – Valeurs de RIN minimales en fonctionnement pour des services de radiodiffusion numérique utilisant la bande de fréquences inférieure à 1 000 MHz

Type de service	Niveau minimal à l'entrée du V-ONU dB(mW)	Valeur RIN minimale dB(Hz-1)	Valeur SINR correspondante dB
Service multicanal	-12	-146	28
Service de retransmission	-5	-134	44
	-8	-134	44
	-10	-136	44

Le Tableau 15 s'applique seulement à la bande de signaux satellites de radiodiffusion qui utilise une modulation directe (16APSK, TC-8PSK et QPSK). La valeur de RIN est calculée à partir du SINR nécessaire pour la transmission de signaux de radiodiffusion amplifiés (signaux numériques de satellite de radiodiffusion). Le SINR du système global doit être attribué en fonction des signaux numériques dans lesquels la condition la plus stricte est exigée.

Tableau 15 – Types de services et valeurs minimales de RIN en fonctionnement pour des services par satellite

Type de service	Nombre de longueurs d'onde	OMI %	Niveau d'entrée minimal du V-ONU dB(mW)	Valeur de RIN minimale du système dB(Hz ⁻¹)	Valeur de SINR correspondante ^a dB
CATV de type métropolitain (type a)	1	1,5	-8	-128 -129	13 (SDU) 14 (MDU)
	2	—	-8 (λ_1) ^b	-128 ^c	13 (SDU)
		6,1	-14 (λ_2) ^b	-129 ^c	14 (MDU)
CATV de type local (type b)	1	3,0	-8	-127 -128	18 (SDU) 19 (MDU)
	2	—	-8 (λ_1) ^b	-138 ^c	18 (SDU)
		4,3	-14 (λ_2) ^b	-139 ^c	19 (MDU)
CATV de type réception médiocre du signal (type c)	1	4,7	-12	-118 -119	13 (SDU) 14 (MDU)
	2	—	-12 (λ_1) ^b	-118 ^c	13 (SDU)
		6,1	-12 (λ_2) ^b	-119 ^c	14 (MDU)

^a La valeur de SINR est calculée pour un système TC-8PSK (pour les types de services a et c) ou un système 16APSK (débit de code 7/9) (pour le type de service b).

^b λ_1 : longueur d'onde de la bande de transmission allant de 47 MHz à 862 MHz, λ_2 : longueur d'onde de la bande de transmission allant de 950 MHz à 3 300 MHz (pour les types de services a et c) ou de 950 MHz à 3 300 MHz (pour le type de service b).

^c Valeur de RIN totale pour un système à deux longueurs d'onde

L'existence de plusieurs réflexions optiques sur la ligne de transmission peut dégrader les valeurs de RIN. Afin de réduire le plus possible cette dégradation, l'emploi de connecteurs de Classe 2 conformes à l'IEC 61755-1 ou de connecteurs optiques APC est recommandé.

Comme approche générale, il est recommandé d'égaliser d'un côté la contribution au bruit du récepteur optique et de l'autre côté la contribution au bruit induite par les effets de la tête de réseau, du module d'émission optique et de la fibre optique. Les deux effets de bruit cumulés doivent produire le $R_{\text{SIN,min}}$ minimal indiqué dans le Tableau 9 et le Tableau 10.

$$R_{\text{SIN,V-ONU},k} \geq R_{\text{SIN,min},k} + 3 \text{ dB} \quad (13)$$

$$10 \cdot \lg \left(\frac{(m_k)^2}{2 \cdot N_{\text{RIN,V-ONU-in},k} \cdot B_N} \right) \geq R_{\text{SIN,min},k} + 3 \text{ dB} \quad (14)$$

En utilisant les Équations (13) et (14), le RIN à l'entrée du récepteur optique V-ONU peut être calculé conformément à l'Équation (15).

$$N_{\text{RIN, V-ONU-in}, k} \leq 10 \cdot \lg \left(\frac{(m_k)^2}{4 \cdot B_N} \right) - R_{\text{SIN, min}, k} \quad (15)$$

L'exigence concernant les résultats de bruit du V-ONU découle de l'Équation (16). L'équation contient à la fois la puissance optique d'entrée et les caractéristiques du récepteur optique. Lorsque les caractéristiques sont connues et avec le $R_{\text{SIN, min}}$ minimal exigé par le Tableau 8 et le Tableau 9, l'Équation (16) peut être résolue afin de déterminer la puissance optique d'entrée minimale exigée P_r .

$$R_{\text{SIN, V-ONU}, k} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{B_N} \cdot \frac{(m_k \cdot R \cdot P_r)^2}{2 \cdot e \cdot (I_{\text{do}} + R \cdot P_r) + I_{\text{eq}}^2} \right) \geq R_{\text{SIN, min}, k} + 3 \text{ dB} \quad (16)$$

où

m_k est l'indice de modulation du k^{e} signal RF;

R est l'efficacité de la conversion optique-électrique par un récepteur optique, exprimée en A/W;

P_r est la puissance optique d'entrée, exprimée en W;

B_N est la largeur de bande de bruit (64-QAM, 256-QAM: $5,3 \times 10^6$ Hz);

e est la charge d'un électron ($1,602 \times 10^{-19}$ C);

I_{do} est le courant d'obscurité du récepteur optique, exprimé en A;

I_{eq} est la densité de courant d'entrée équivalente au bruit pour un récepteur optique, exprimée en $\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$.

7.5 Longueur d'onde optique

Le Tableau 16 répertorie les performances de longueur d'onde optique et de puissance optique pour le système DFA défini par le présent document.

Tableau 16 – Performances relatives à la longueur d'onde optique et à la puissance optique

Longueur d'onde optique		Conformément à la Recommandation UIT-T G.983.3, une longueur d'onde comprise dans la plage $1\,555 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ est recommandée pour combiner un système de radiodiffusion et de télécommunication sur une fibre. Pour les systèmes DWDM, des longueurs d'onde conformes à la grille définie dans la Recommandation UIT-T G.692 doivent être utilisées. Dans les systèmes CWDM, la Recommandation UIT-T G.694.2 doit être prise en compte.
Puissance optique	Puissance de transmission optique	Lorsque le système DFA fonctionne avec deux longueurs d'onde, la puissance optique de la première longueur d'onde est spécifiée dans le Tableau 2 et la seconde longueur d'onde doit être réglée à -6 dB de la première longueur d'onde.
	Alimentation d'entrée du V-ONU	
Intervalle des longueurs d'onde (système à deux longueurs d'onde)		Il convient de choisir les longueurs d'onde conformément à la Recommandation UIT-T G.694.1 en cas de DWDM et à la Recommandation UIT-T G.694.2 en cas de CWDM (voir l'Annexe B). Si d'autres longueurs d'onde sont choisies, une séparation d'au moins $0,3 \text{ nm}$ entre les longueurs d'onde doit être conservée dans tous les cas pour éviter un brouillage des signaux de radiodiffusion.

NOTE 1 Compte tenu de la disponibilité de l'EDFA et de l'attribution de longueur d'onde appropriée, la plage de longueurs d'onde de 1 530 nm à 1 625 nm (bord de la bande C et bande L de la Recommandation UIT-T G.694.2) peut être utilisée pour une transmission vidéo réelle économique.

NOTE 2 En évitant que la première longueur d'onde ne subisse l'influence de la seconde longueur d'onde, le niveau de la seconde longueur d'onde est suffisamment inférieur à celui de la première. Cela signifie une différence de niveau de -6 dB lorsque l'OMI du second signal est quadruplé. Consulter le C.2.3.

7.6 Fréquence de la source de signal

La plage de fréquences des signaux sources pris en compte ici s'étend de 47 MHz à 862 MHz pour la radiodiffusion numérique multicanal, et de 950 MHz à 3 300 MHz pour la transmission de signaux numériques par satellite. Toutefois, des plans de fréquences régionaux peuvent être utilisés comme plage de fréquences de fonctionnement du système optique.

7.7 Différence de niveau entre deux canaux adjacents

La différence de niveau entre deux canaux adjacents (de même largeur de bande du canal) doit être inférieure à 10 dB.

La différence de niveau de signal admise entre deux canaux adjacents doit être conservée, comme cela est représenté à la Figure 25 (ISDB-T, ISDB-C et ISDB-C2).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

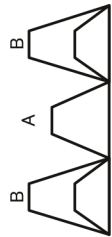
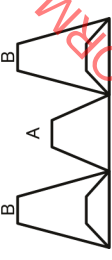
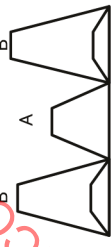
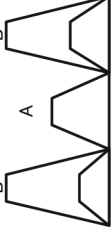
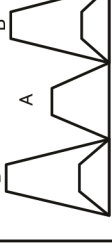
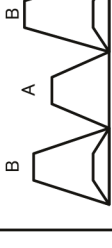
		B						
	64 QAM (moyenne) dB	256 QAM (moyenne) dB	OFDM (moyenne) dB	256 QAM(OFDM) (moyenne) dB	1 024 QAM(OFDM) (moyenne) dB	4 096 QAM(OFDM 4/5) (moyenne) dB	4 096 QAM(OFDM 5/6) (moyenne) dB	
A	Adjacent au signal 64 QAM	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	Valeur la plus élevée: -20 à +18 Valeur la plus faible: -19 à +14 (*3)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-16 à +16 (*2)	
	Adjacent au signal 256 QAM	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	Valeur la plus élevée: -8 à +19 Valeur la plus faible: -12 à +20 (*4)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	
	Adjacent au signal OFDM	Valeur la plus élevée: -14 à +19 Valeur la plus faible: -12 à +20 (*5)	Valeur la plus élevée: -20 à +12 Valeur la plus faible: -19 à +8 (*6)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-16 à +16 (*2)	
	Adjacent au signal 256 QAM(OFDM)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-16 à +16 (*2)	
	Adjacent au signal 1 024 QAM(OFDM)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	
	Adjacent au signal 4 096 QAM (OFDM, 4/5)	-16 à +16 (*2)	-10 à +10 (*1)	-16 à +16 (*2)	-16 à +16 (*2)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	
	Adjacent au signal 4 096 QAM (OFDM, 5/6)	-16 à +16 (*2)	-10 à +10 (*1)	-16 à +16 (*2)	-16 à +16 (*2)	-10 à +10 (*1)	-10 à +10 (*1)	
*1		*2	*3	*4	*5	*6		
-10 à +10		-16 à +16	Valeur la plus élevée: -20 à +18 Valeur la plus faible: -19 à +14	Valeur la plus élevée: -8 à +19 Valeur la plus faible: -12 à +20	Valeur la plus élevée: -14 à +19 Valeur la plus faible: -12 à +20	Valeur la plus élevée: -20 à +12 Valeur la plus faible: -19 à +8		
								

Figure 25 – Niveau de signal admis de deux canaux adjacents (ISDB-T, ISDB-C et ISDB-C2)

IEC

7.8 TEB à l'entrée de tête de réseau

Le TEB à l'entrée de tête de réseau ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

- Signaux COFDM (décodage LDPC): $TEB < 1 \times 10^{-4}$
- Signaux QAM (unitaires) (décodage de bloc): $TEB < 1 \times 10^{-10}$
- ISDB-S (signaux QPSK, TC-8PSK): $TEB < 1 \times 10^{-8}$

7.9 MER

Le MER doit être mesuré, et sa moyenne doit être calculée pour au moins 1 000 symboles. Pour le COFDM, le MER moyen pour l'ensemble des sous-porteuses de données doit être mesuré.

Il est recommandé que le MER soit meilleur d'au moins 2 dB par rapport au SINR spécifié.

Le Tableau 17 répertorie les performances minimales de MER des signaux pour les systèmes DFA.

NOTE Cette recommandation de performances est donnée à titre informatif uniquement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-113:2023

Tableau 17 – Performances minimales de MER ^a pour les systèmes DFA

Système	Modulation	MER minimal
ISDB-C (J.83, J.183)	64-QAM	26 dB
	256-QAM	32 dB
ISDB-C2 (J.382)	256-QAM (9/10)	26 dB
	1 024-QAM (9/10)	33 dB
	4 096-QAM (4/5)	37 dB
	4 096-QAM (5/6)	40 dB
ISDB-S	QPSK (3/4)	8 dB
	TC-8PSK (2/3)	11 dB
ISDB-S3	16 PSK (7/9)	13 dB
ISDB-T	QPSK (2/3)	14 dB
	64-QAM (3/4)	24 dB
DVB-C	64-QAM	26 dB
	256-QAM	32 dB
DVB-S	QPSK (1/2)	5 dB
	QPSK (2/3)	7 dB
	QPSK (3/4)	8 dB
	QPSK (5/6)	9 dB
	QPSK (7/8)	10 dB
DVB-S2	QPSK (9/10)	9 dB
	8PSK (9/10)	13,5 dB
	16APSK (9/10)	16 dB
	32APSK (9/10)	19 dB
DVB-T ^b	QPSK (3/4)	14 dB
	16-QAM (3/4)	20 dB
	64-QAM (3/4)	26 dB
DVB-T2 ^b	QPSK (3/4)	9 dB
	16-QAM (3/4)	15 dB
	64-QAM (3/4)	21 dB
	256-QAM (3/4)	26 dB
^a Ce tableau doit être appliqué pour une prise d'abonné de tous les types de systèmes DFA. Les données MER prennent en compte une marge de qualité des signaux jusqu'au point de départ de dégradation de l'erreur, qui peut être connu par un mesurage du MER.		
^b Exigence relative au MER, qui prend en compte un réseau d'alimentation terrestre modélisé par un canal de Gauss, de Rice ou de Rayleigh comme cela est décrit dans les normes ETSI pour DVB-T/T2.		

7.10 Spécification du SINR pour le câblage interne des logements et des immeubles

Le SINR peut être spécifié à la sortie d'un V-ONU plutôt qu'au niveau de la prise d'abonné si les performances de la section de câblage interne du logement/de l'immeuble sont maintenues correctement. D'après les méthodes d'installation actuelles, le SINR pour la section de câblage interne du logement/de l'immeuble est spécifié dans le Tableau 18. L'attribution du SINR pour les logements individuels (SDU) et les unités résidentielles multiples (MDU) est représentée à la Figure 26, à la Figure 27 (spécifiée par un signal électrique) et à la Figure 28 (spécifiée par un signal optique).