

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 13-1: Extension de la largeur de bande pour les signaux de diffusion
sur un système DFA**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 online collection - oc.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 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 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 online collection - oc.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 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 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 13-1: Bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH system**

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 13-1: Extension de la largeur de bande pour les signaux de diffusion
sur un système DFA**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.160.01; 33.180.01

ISBN 978-2-8322-9341-6

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Symbols.....	15
3.3 Abbreviated terms.....	16
4 Overview	18
5 Optical system reference model.....	18
6 Preparation of measurement.....	20
6.1 Environmental conditions	20
6.1.1 Standard measurement conditions	20
6.1.2 Standard operating condition	20
6.1.3 Standard signal and measuring equipment	20
6.2 Accuracy of measuring equipment	21
6.3 Source power.....	21
7 Methods of measurement	21
7.1 Measuring points	21
7.2 Measuring parameters	22
7.3 Optical power.....	23
7.4 Optical wavelength	23
7.5 Signal level and signal-to-noise ratio.....	23
7.5.1 General	23
7.5.2 Measurement setup	23
7.5.3 Measurement conditions	24
7.5.4 Measurement method for xPSK signals.....	24
7.5.5 Presentation of the results	24
7.6 <i>RIN</i> and signal-to-noise ratio	24
7.6.1 General	24
7.6.2 Measuring points and measurement setup.....	25
7.6.3 Measurement conditions	25
7.6.4 System <i>RIN</i> measurement method	26
7.6.5 <i>S/N</i> calculation based on <i>RIN</i> value	27
7.6.6 Calculation of component <i>RIN</i>	28
7.7 Optical modulation index.....	29
7.8 Signal-to-crosstalk ratio (<i>SCR</i>).....	29
8 Specification of optical system for broadcast signal transmission	29
8.1 Digital broadcast system over optical network.....	29
8.2 International TV systems.....	29
8.3 Relationship between <i>RIN</i> and <i>S/N</i>	30
8.4 Optical wavelength	32
8.5 Frequency of source signal	33
8.6 Optical system specification for satellite signal transmission.....	33
8.7 <i>S/N</i> ratio specification for in-house and in-building wirings	34
8.8 Crosstalk due to optical fibre non-linearity	35

8.9	Single frequency interference level due to fibre non-linearity	35
8.10	Environment condition	35
Annex A	(informative) Actual service systems and design considerations	36
A.1	General.....	36
A.2	Metropolitan type CATV	36
A.3	Municipal type CATV.....	37
A.4	Poor signal reception type CATV	38
A.5	System reference model	38
A.5.1	System parameters.....	38
A.5.2	Operating environment	39
A.6	Guidelines for actual operation	47
A.6.1	Optical transmitter	47
A.6.2	Optical amplifier	47
Annex B	(informative) Wavelength division multiplexing.....	48
B.1	Optical wavelength grid (optical frequency grid).....	48
B.2	Nominal central frequencies and wavelengths.....	48
B.3	Notes regarding wavelength division multiplexing	50
B.3.1	Crosstalk between two wavelengths	50
B.3.2	Receiving two wavelengths by single V-ONU	52
Annex C	(informative) Minimum wavelength separation.....	54
C.1	Optical beat interference.....	54
C.2	Range of wavelength variation	55
C.3	WDM system using optical filters and couplers.....	56
Annex D	(informative) Relation between S/N degradation and rain attenuation.....	59
Bibliography		61
Figure 1	– FTTH Cable TV system using one-wavelength	19
Figure 2	– FTTH Cable TV system using two wavelengths	19
Figure 3	– Performance specified points of the optical system	19
Figure 4	– Measuring points in a typical video distribution system	22
Figure 5	– Measurement of optical wavelength	23
Figure 6	– Measurement of signal level and signal-to-noise ratio	24
Figure 7	– Measuring points in a typical FTTH system	25
Figure 8	– R/N measurement setup	25
Figure 9	– Performance allocation and measuring points	29
Figure 10	– Section of S/N ratio specification (38 dB) for in-house wiring	34
Figure 11	– Section of S/N ratio specification (24 dB) for in-building wiring (in case of coaxial cable distribution after V-ONU)	35
Figure A.1	– Example of a multi-channel service system of one million terminals	37
Figure A.2	– Example of a multi-channel service system with 2 000 terminals.....	37
Figure A.3	– Example of a multi-channel with CS supplementary service system for 2 000 terminals.....	37
Figure A.4	– Example of a re-transmission service system with 72 terminals	38
Figure A.5	– Example of a re-transmission service system with 144 terminals	38
Figure A.6	– System performance calculation for model A	41
Figure A.7	– System performance calculation for model B	42

Figure A.8 – System performance calculation for model C	43
Figure A.9 – System performance calculation for model D	44
Figure A.10 – System performance calculation for model E	45
Figure A.11 – System performance calculation for model F	46
Figure B.1 – Linear crosstalk between two wavelengths	51
Figure B.2 – Wavelength dependency of Raman crosstalk	51
Figure B.3 – Nonlinear crosstalk between two wavelengths	52
Figure B.4 – Frequency dependency of cross-phase modulation	52
Figure B.5 – S/N degradation (two wavelengths into one V-ONU case)	53
Figure C.1 – Experimental results of RIN degradation due to optical beat	55
Figure C.2 – Wavelength variation of a DWDM transmitter against ambient temperature	56
Figure C.3 – Wavelength variation of a CWDM transmitter against ambient temperature	56
Figure C.4 – Example of wavelength division multiplexing using WDM filter	57
Figure C.5 – Example of CWDM filter design	57
Figure C.6 – Example of wavelength division multiplexing using optical coupler	58
Table 1 – Level of RF signals	13
Table 2 – Measuring instruments	21
Table 3 – Measuring points and measured parameters	22
Table 4 – Parameters used to calculate S/N when signals of multiple wavelengths are received by a single V-ONU	28
Table 5 – Minimum RF signal-to-noise ratio requirements in operation	30
Table 6 – Types of broadcast services	31
Table 7 – Type of service and minimum operational RIN values for satellite services	32
Table 8 – performance of optical wavelength and power	33
Table 9 – Optical system specification	33
Table 10 – Section of S/N ratio specification for in-house/in-building wiring	34
Table 11 – Interference level due to fibre non-linearity (single frequency interference)	35
Table A.1 – Basic system parameters (Japan)	39
Table B.1 – Example nominal central frequencies of the DWDM grid	49
Table B.2 – Nominal central wavelength for spacing of 20 nm (ITU-T G.694.2)	50

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE NETWORKS FOR TELEVISION SIGNALS,
SOUND SIGNALS AND INTERACTIVE SERVICES –****Part 13-1: Bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH system**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60728-13-1 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.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- Transmission frequency was expanded in order to achieve satellite signal for 4 K video service. The transmission frequency over FTTH would be 3 300 MHz.
- High signal modulation case like 16 APSK and 32 APSK was added in order to correspond to transmission for 4 K video service.

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

FDIS	Report on voting
100/2927/FDIS	100/2959/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://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.

The contents of the corrigendum of September 2017 have been included in this copy.

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

INTRODUCTION

Standards and 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 is from the antennas and/or special interfaces to the headend or other interface points to the network up to any terminal interface of the customer premises equipment.

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, etc.) as well as of any coaxial, balanced and optical cables and accessories thereof is excluded.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-13-1:2017

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

Part 13-1: Bandwidth expansion for broadcast signal over FTTH system

1 Scope

The purpose of this part of IEC 60728 is the precise description of an FTTH (fibre to the home) system for expanding broadband broadcast signal transmission from CATV services only, towards CATV plus broadcast satellite (BS) plus communication satellite (CS) services, additionally to other various signals such as data services.

The scope is limited to the RF signal transmission over FTTH systems.

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 60728-13:2010, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 13: Optical systems for broadcast signal transmissions*

IEC 60728-113:—, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 113: Optical systems for broadcast signal transmissions loaded with digital channels only*¹

IEC 61280-1-3:2010, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-3: General communication subsystems – Central wavelength and spectral width measurement*

ITU-T Recommendation G.694.1, *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid*

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

3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC ACDV 60728-113: 2017.

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

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

3.1.1

regional broadband cable network

network designed to provide sound and television signals as well as signals for interactive services to a regional area covering several towns and/or villages

3.1.2

local broadband cable network

network designed to provide sound and television signals as well as signals for interactive services to a local area (e.g. one town or one village)

3.1.3

extended satellite television distribution network or system

distribution network or system designed to provide sound and television signals received by satellite receiving antenna to households in one or more buildings

Note 1 to entry: This kind of network or system can be combined with terrestrial antennas for the additional reception of TV and/or radio signals via terrestrial networks.

Note 2 to entry: This kind of network or system can also carry control signals for satellite switched systems or other signals for special transmission systems (e.g. MoCA or WiFi) in the return path direction.

3.1.4

extended terrestrial television distribution network or system

distribution network or system designed to provide sound and television signals received by terrestrial receiving antennas to households in one or more buildings

Note 1 to entry: This kind of network or system can be combined with a satellite antenna for the additional reception of TV and/or radio signals via satellite networks.

Note 2 to entry: This kind of network or system can also carry other signals for special transmission systems (e.g. MoCA or WiFi) in the return path direction.

3.1.5

individual satellite television receiving system

system designed to provide sound and television signals received from satellite(s) to an individual household

Note 1 to entry: This kind of system can also carry control signals for satellite switched systems or other signals for special transmission systems (e.g. MoCA or WiFi) in the return path direction.

3.1.6

individual terrestrial television receiving system

system designed to provide sound and television signals received via terrestrial broadcast networks to an individual household

Note 1 to entry: This kind of system can also carry other signals for special transmission systems (e.g. MoCA or WiFi) in the return path direction.

3.1.7

optical transmitting unit

optical transmitter

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

Note 1 to entry: For the purposes of this document, optical transmitters may 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 nm $\pm$ 10 nm in 1 530 nm to 1 625 nm region).

Note 3 to entry: The wavelength and necessary wavelength separation are described in Annexes B and C, respectively.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.1, modified — Note 3 has been added.]

3.1.8

optical receiving unit

optical receiver

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

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

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

3.1.9

optical amplifier

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

Note 1 to entry: In this document, erbium doped fibre amplifier (EDFA) is used for amplification in the 1 550 nm band.

Note 2 to entry: There are several methods based on the 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, 2.7.75, modified — Notes 1 and 2 have been added.]

3.1.10

fibre optic branching device

optical fibre coupler

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 may be connected to fibres, detectors, etc.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.21, modified — The term "splitter" has been added, "optical fibre branching" device has been deleted and "optical fibre coupler" is a preferred rather than a deprecated term.]

3.1.11

multiplexing device

WDM device

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

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.51]

3.1.12

optical modulation index

optical modulation index of k^{th} RF signal, OMI_k , which is defined as

$$OMI_k = \frac{\phi_h - \phi_l}{\phi_h + \phi_l}$$

where

ϕ_h is the highest, and

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

k is the considered RF 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 have been replaced by a new Note 1.]

3.1.13

total optical modulation index

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

$$OMI_{tot} = \sqrt{\sum_{k=1}^K OMI_k^2}$$

where

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

K is the total number of RF signals.

3.1.14

relative intensity noise

RIN

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

Note 1 to entry: RIN is usually expressed in dB (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 60728-13:2010, definition 3.1.8]

3.1.15

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 may be specified.

[SOURCE: IEC 60728-6, 3.1.14]

3.1.16

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.

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 60728-13:2010, 3.1.10]

3.1.17

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, 3.1.26, modified — The term "centre wavelength" has been replaced by "central wavelength".]

3.1.18

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]

3.1.19

QAM signal

signal utilizing quadrature amplitude modulation as its modulation method

3.1.20

orthogonal frequency division multiplexing

OFDM

orthogonal frequency division multiplexing is one of the multiplexing schemes used for the transportation of terrestrial digital broadcasting SDTV and HDTV signals

Note 1 to entry: OFDM is based on the idea of frequency-division multiplexing, where each frequency channel 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 channels.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.14, modified — OFDM has been specified and "OFDM signal" has been deleted and given as a new entry.]

3.1.21

OFDM signal

signal utilizing orthogonal frequency division multiplexing as the multiplexing scheme

3.1.22

phase shift keying

PSK

angle modulation in which each significant condition in a modulating discretely-timed signal is represented by a specified phase of a periodic sinusoidal oscillation.

[SOURCE: IEC 60050-721:1991, 721-06-07, modified — The preferred terms "phase shift modulation" and "phase shift signalling" have been deleted.]

3.1.23**PSK signal**

signal utilizing phase shift keying as its modulation method

3.1.24**amplitude phase shift keying****APSK**

digital modulation scheme that conveys data by changing, or modulating, both the amplitude and the phase of a reference signal

Note 1 to entry: APSK combines both amplitude-shift keying (ASK) and phase-shift keying (PSK) to increase the symbol-set.

3.1.25**APSK signal**

signal utilizing amplitude phase shift keying as its modulation scheme

3.1.26**level of digitally modulated signal**

RMS power of the signal within the channel bandwidth (S)

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

Table 1 – Level of RF signals

Signal		Level detection	Symbol	Remarks
Digitally modulated signals	QAM signal	RMS value	S	The value is averaged over a sufficiently long period of time compared to the period of the lowest frequency used for the modulation.
	OFDM signal			
	xPSK signal ^a			
	16 APSK signal			
	32 APSK signal			
FM audio carrier ^b		RMS value	C_{rms}	The carrier level is a constant value.
^a xPSK means QPSK, 8PSK, TC8PSK, etc.				
^b FM radio is not a kind of digitally modulated signals. However, it may exist in some digitally modulated optical broadcast system.				

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

3.1.27 **S/N ratio**

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

Note 1 to entry: In this document only digitally modulated carriers are considered. S/N is used only for a digitally modulated signal which expresses the same as $S_{D,RF}/N$ used in IEC 60728-1:2014, 3.1.80.

3.1.28 **D/U ratio**

ratio of desired signal level, D , to undesired signal level, U

Note 1 to entry: The D/U ratio is generally used for multiple frequency interference as CSO and CTB, for single frequency interference as SCR .

Note 2 to entry: D/U ratio is expressed in dB.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, definition 3.1.20, modified — CCR in note 1 has been changed to SCR .]

3.1.29

single or multiple frequency interference ratio

ratio of desired signal level to undesired signal level

Note 1 to entry: The ratio of desired signal level, D (dB(μV)), to undesired signal level, U (dB(μV)) is given by

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

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

Note 3 to entry: Note the similarity of the definition to the definition of S/N ratio.

3.1.30

optical line terminal

OLT

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.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.22]

3.1.31

optical network unit

ONU

device at the customer premises equipment that is linked with the Optical Line Terminal (OLT)

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

3.1.32

video-optical network unit

V-ONU

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

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

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.24]

3.1.33

stimulated Brillouin scattering

SBS

non-linear scattering of optical radiation characterized by a frequency shift as for the Raman scattering, but accompanied by a lower frequency (acoustical) vibration of the medium lattice; the light is scattered backward with respect to the incident radiation

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 analogue optical system.

Note 3 to entry: The frequency shift is characterized by a frequency downshift (that is to a longer wavelength) due to a GHz frequency acoustical vibration (frequency downshift is 10 GHz or 11 GHz, and gain bandwidth 20 MHz).

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.25]

3.1.34

stimulated Raman scattering

SRS

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 60728-13:2010, 3.1.27]

3.1.35

cross-phase modulation

XPM

modulation caused by the nonlinear refractive index of the fibre material

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

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

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.28, modified — The definition has been improved.]

3.1.36

signal to crosstalk ratio

SCR

level difference of CATV broadcast signal level and worst case level of another service's single frequency crosstalk signal measured at an RF output port of an optical receiver for CATV broadcast service

$$SCR = D_{\text{CATV}} - U_{\text{OtherService}}$$

where

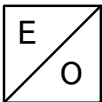
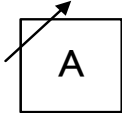
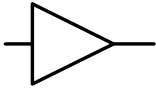
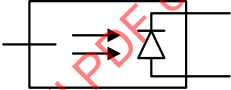
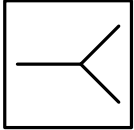
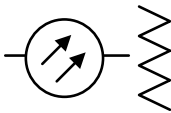
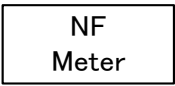
D_{CATV} is the nominal level of a CATV broadcast signal in dB(μV) at an RF output port of an optical CATV broadcast receiver

$U_{\text{OtherService}}$ is the worst case level of another service's single frequency crosstalk in dB(μV), within the measurement signal bandwidth, at an RF output port of an optical CATV broadcast receiver. The value of $U_{\text{OtherService}}$ is mainly due to the Raman scattering effect from other services such as xPON.

Note 1 to entry: SCR is expressed in dB.

3.2 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, modified (2001-07)]
	Optical receiver based on [IEC 60617-S00213 (2001-07)]		Power meter [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Electrical spectrum analyser based on [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]		Amplifier [IEC 60617-S01239 (2001-07)]
	Ammeter based on [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]		Photodiode with fibre pigtail [IEC 60617-S01327 (2001-07)]
	coupler [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S01188 (2001-07)]		Optical filter
	Optical terminator [IEC 60617-S01389, IEC 60617-S01318 (2001-07)]		NF meter
	Optical splitter based on [IEC TR 61930:1998, 3.33.1]		Television set
	Video optical network unit		WDM filter

3.3 Abbreviated terms

AGC	automatic gain control	AM	amplitude modulation
APSK	amplitude phase shift keying	APC	angled physical contact optical connector

ATC	automatic temperature control	BER	bit error ratio
BS	broadcast satellite		
BS-R	broadcast satellite-right hand circular polarization	BS-L	broadcast satellite – left hand circular polarization
CATV	community antenna television (network)	SCR	signal to crosstalk ratio
COFDM	coded orthogonal frequency division multiplex	CS	communication satellite
CS-L	communication satellite – left hand circular polarization	CS-R	communication satellite – right hand circular polarization
CSO	composite second order	CTB	composite triple beat
D/U	desired to undesired signal ratio	EDFA	erbium-doped fibre amplifier
E/O	optical transmitter (electrical to optical transducer)	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)	FTTH	fibre to the home
GEAPON	gigabit ethernet passive optical network	GPON	gigabit passive optical network
H/E	headend	HFC	hybrid fibre coaxial
HDTV	high definition television	ISDB-C2	integrated services digital broadcasting – cable second generation
ISDB-C	integrated services digital broadcasting – cable	ISDB-S	integrated services digital broadcasting – satellite
ISDB-T	integrated services digital broadcasting – terrestrial	ISDB-S3	integrated services digital broadcasting – satellite third generation
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication sector	LD	laser diode
MDU	multiple dwelling unit	NF	noise figure
O/E	optical receiver (optical to electrical transducer)	OFDM	orthogonal frequency division multiplex
OLT	optical line terminal	OMI	optical modulation index
ONU	optical network unit	PD	photo diode

QAM	quadrature amplitude modulation	QPSK	quaternary phase shift keying
RIN	relative intensity noise	RBW	resolution bandwidth
RF	radio frequency	SBS	stimulated Brillouin scattering
SCM	single carrier modulation	SDTV	standard definition television
SDU	single dwelling unit	SMF	single mode fibre
S/N	signal-to-noise ratio	SPM	self-phase modulation
SRS	stimulated Raman scattering	TC8PSK	trellis coded 8-phase shift keying
TV	television	UHD	ultra high definition
VBW	video bandwidth	V-ONU	video optical network unit
WDM	wavelength division multiplexing	XPM	cross-phase modulation
xPSK	x-phase shift keying "x" = 4, 8, TC8, etc.		

4 Overview

This document describes the pass-through method of satellite broadcast signals over the FTTH system which uses AM-FDM (SCM) transmission. For an FTTH system below 1 GHz refer to IEC 60728-13 or IEC 60728-113. This document contains descriptions of the measurement methods and specifications for optical wavelength division multiplex and for xPSK(QPSK, 8PSK, TC8PSK) 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. It is provided for cable/satellite operators to extend their broadband services in order to avoid interference between optical wavelengths based on the technologies that are planned to be described in IEC 60728-113.

This document also includes technical descriptions for new transmission signals, such as 4K video contents, 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 contents and other new services expected in the future (such as 8K, 3D-hologram, and/or video on demand (VOD)) will be transmitted on cable platforms via satellite link.

Informative Annex A describes the system composition and model system based on this document. Annex B describes basic concepts for optical wavelength division multiplexing and adds notes with respect to the system configuration. Annex C gives the minimum wavelength separation, and Annex D explains the relationship between S/N degradation and rain attenuation.

5 Optical system reference model

This clause specifies a bandwidth expansion of systems described in IEC 60728-13 and IEC 60728-113. The expansion contains a conversion method which transfers broadcast signals to optical signals using a single optical transmitter with expanded bandwidth in a one-wavelength system or by expanding the bandwidth by adding a second optical transmitter (i.e. two-wavelength system). Migrating from the original system, the following options exist:

- An FTTH Cable TV system using one wavelength is shown in Figure 1.

- An FTTH Cable TV system using two wavelengths is shown in Figure 2.
- In the case of separate optical fibre transmission in broadcast and communication signals, the WDM filter in Figure 1 or Figure 2 should be removed and the system should use separated fibres for each signal.
- The two-wavelength system (Figure 2) 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.

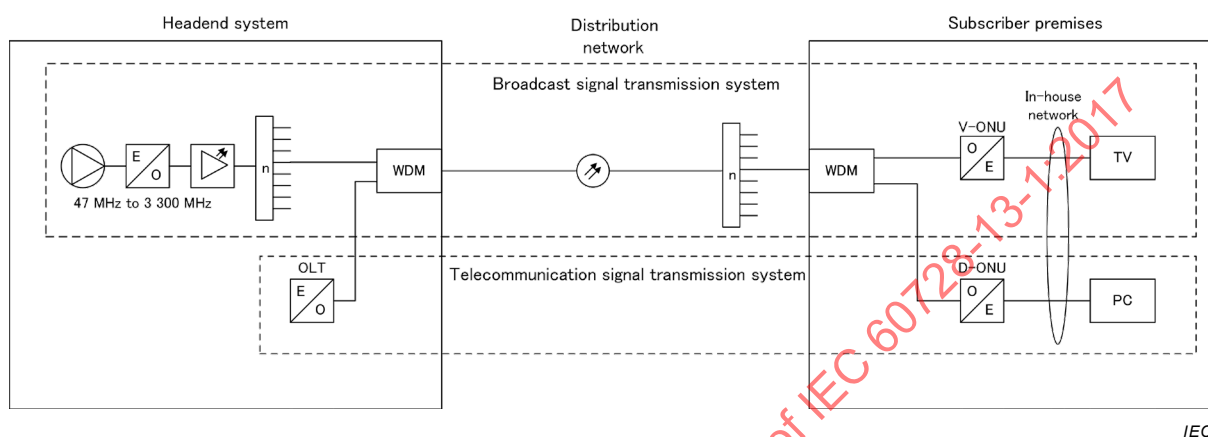


Figure 1 – FTTH Cable TV system using one-wavelength

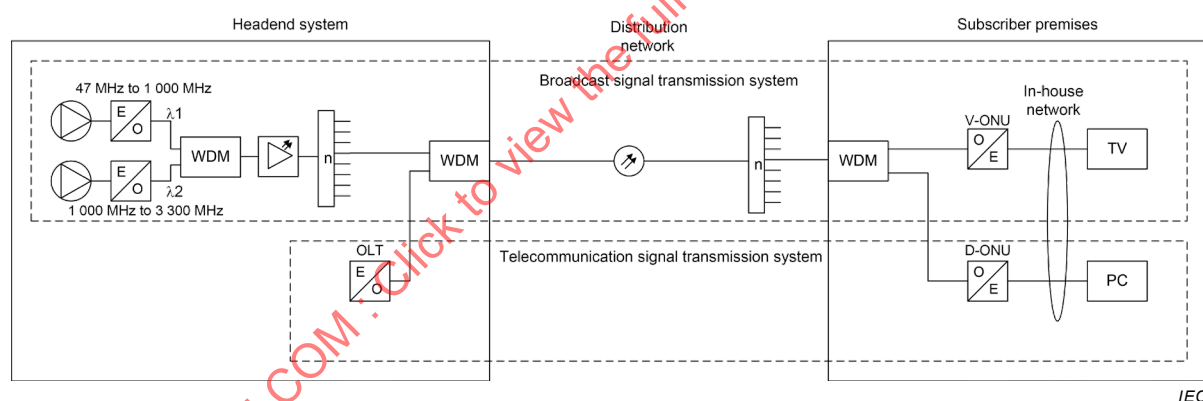


Figure 2 – FTTH Cable TV system using two wavelengths

The FTTH system below 1 000 MHz is specified in IEC 60728-13 or IEC 60728-113.

Figure 3 shows the performance specified points of the optical system.

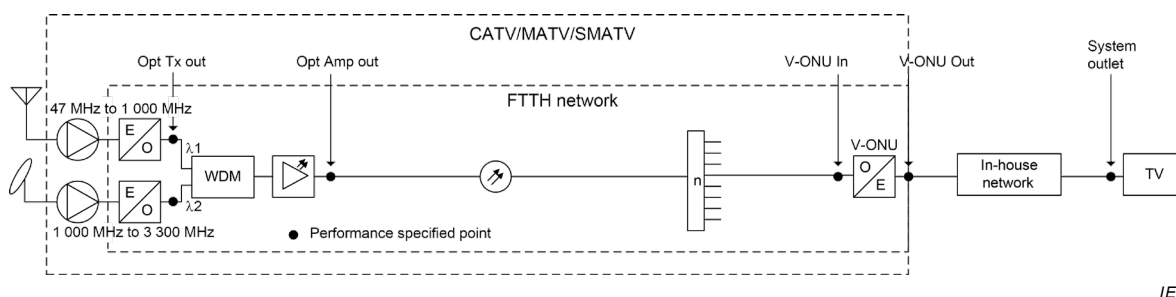


Figure 3 – Performance specified points of the optical system

6 Preparation of measurement

6.1 Environmental conditions

6.1.1 Standard measurement conditions

Unless otherwise specified, all the measurements shall be carried out under the following standard measurement conditions.

a) **Temperature and humidity**

The measurement equipment shall be operated at an ambient temperature and relative humidity 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 has to be taken into account.

b) **Setting up the measuring setup and system under test**

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

c) **AGC operation**

Unless otherwise specified, all the pieces of equipment in the system shall be operated in the AGC mode if available.

d) **Impedance matching between pieces of equipment**

Attention shall be paid on the impedance matching between pieces of equipment and the test setup, and sufficient care shall be taken to avoid any measurement error by introducing components such as attenuators.

6.1.2 Standard operating condition

The standard operating condition refers to the condition in which the cable TV 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.

6.1.3 Standard signal and measuring equipment

For measurement purposes, the standard signals used in the measuring instruments as well as in the system under test shall be set according to the specified standard signal format of the individual system. The measuring instruments to be used are described in Table 2 (passive pieces of equipment are excluded).

Table 2 – Measuring instruments

Name of instrument	Usage
Optical power meter	Instrument to measure the power of the optical signal.
Spectrum analyser	Instrument used for quantitative measurement of high frequency signals.
Optical spectrum analyser or wavelength meter	Instrument used for optical wavelength measurement
Signal generator	Instrument used to generate high frequency signals (sine-waves).
Network analyser ^a	Instrument used to measure the high frequency performance of equipment.
NF meter ^a	Instrument used to measure the noise figure (NF).
Current meter (Ammeter) ^a	Instrument used to measure electrical current.
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.
^a If the <i>RIN</i> calculation parameters of the ONU, the responsivity (<i>R</i>), the dark current (<i>I_{do}</i>) and the equivalent noise current density (<i>I_{eq}</i>) are known beforehand, these instruments are not necessary.	

6.2 Accuracy of measuring equipment

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

6.3 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.

7 Methods of measurement

7.1 Measuring points

The measuring points of the FTTH system for satellite broadcast transmission are illustrated in Figure 4. The methods of measurement described in Clause 7 are applied to the WDM system model and are basically similar to the system using a single wavelength.

The measurements carried out at the tap-off output can be used to predict the system performance at the output of V-ONU. Accordingly, it becomes easier for the system operators to monitor and control the performance of subscriber terminals.

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 4 to ensure the 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 relative intensity noise (*RIN*) shall be measured at points (1) through (5) and *S/N* (electrical signal) at points (6) and (7). An estimated signal-to-noise ratio at the output of the V-ONU is calculated from the measured *RIN* value of the optical input signal to the V-ONU at point (5).



Figure 4 – Measuring points in a typical video distribution system

The measuring points and parameters are listed in Table 3.

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

Table 3 – Measuring points and measured parameters

Measuring parameters	Measuring points						
	(1) Transmitter output	(2) EDFA output	(3) Splitter output	(4) Tap-off output	(5) V-ONU input	(6) V-ONU output	(7) System Outlet
Optical power	○	○	○	○	○	—	—
Optical wavelength	○	●	●	●	●	—	—
S/N (electrical)	—	—	—	—	—	○	○
RIN (S/N) (See NOTE)	○	○	Δ	Δ	Δ	—	—
BER	—	—	—	—	—	○	○

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).

The measurement at points (5), (6) and (7) is mandatory, while measurement at other points is required to ensure the system performance.

NOTE Theoretical estimation of S/N at point (6), at the output of the V-ONU, is based on the measurement results of individual equipment.

7.3 Optical power

The measurement of optical power at single wavelengths shall be carried out according to 4.2 of IEC 60728-6:2011. For measuring the total average optical power of multiple wavelengths emanating from the end of a test fibre, the method described in IEC 60728-13 shall be used.

In general, there is no wavelength selectivity in the optical power meter that is calculated and is displayed as total optical power. Therefore, it is necessary to separate wavelengths by the WDM coupler or WDM filter. In that case, it is necessary to compensate for the loss of the WDM filter used.

7.4 Optical wavelength

The optical wavelength, in the FTTH system for satellite 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 5a) and Figure 5b).

Measuring point

((1) to (5) in Figure 4)

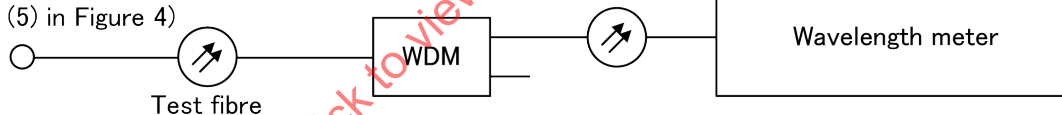


IEC

a) Measurement of optical wavelength without WDM coupler

Measuring point

((1) to (5) in Figure 4)



IEC

b) Measurement of optical wavelength using WDM coupler

Figure 5 – Measurement of optical wavelength

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. The central wavelength shall be expressed in nm.

7.5 Signal level and signal-to-noise ratio

7.5.1 General

The purpose of this test method is to measure the signal level of the satellite broadcast signal (16APSK, TC8PSK, 8PSK, QPSK, etc). Also, the signal-to-noise ratio is measured using the measured noise level within the transmission bandwidth of the broadcast signal. This test method performs the measurement in the electrical domain.

7.5.2 Measurement setup

Setup for the measurement of the signal level and signal-to-noise ratio is shown in Figure 6.

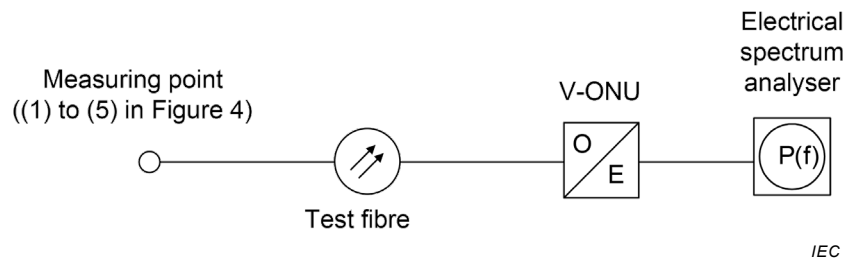


Figure 6 – Measurement of signal level and signal-to-noise ratio

The test setup shown in Figure 6 is for simplified measurement of signal-to-noise ratio in the optical portion of the network. The correct measurement should be carried out in the electrical part of the network using an electrical spectrum analyser at points (6), (7) in Table 3.

7.5.3 Measurement conditions

The following measurement conditions apply.

- The spectrum analyser used for the measurement has to 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.

7.5.4 Measurement method for xPSK signals

For the measurement of the average level of signal and signal-to-noise ratio for digitally modulated signals, the methods described in IEC 60728-1 shall be followed.

7.5.5 Presentation of the results

The signal level shall be expressed in dB(mW) or in dB(μ V) and the signal-to-noise ratio shall be expressed in dB.

7.6 RIN and signal-to-noise ratio

7.6.1 General

The purpose of this measurement method is to predict the signal-to-noise ratio at the output of the V-ONU from the measured relative intensity noise (*RIN*) of each used wavelength of the total optical input signal to the V-ONU.

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 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. However, an accurate measurement of *RIN* is not possible if the optical input to the V-ONU is small as in most of the practical systems. *RIN* may also be calculated from the measured performance of individual components constituting the system.

Considering such characteristics of *RIN*, in order to calculate the signal-to-noise ratio at the V-ONU output, it is necessary to measure the *RIN* for each wavelength at points (1) to (3), as shown in Figure 7, where the optical output power is sufficiently high to allow *RIN* measurements to be accurate.

NOTE *RIN* measurements will not be accurate when the optical power is lower than -3 dB(mW).

7.6.2 Measuring points and measurement setup

7.6.2.1 Measuring points

The measuring points for the *RIN* measurement in a typical FTTH system for satellite broadcast signal transmission are illustrated in Figure 7.

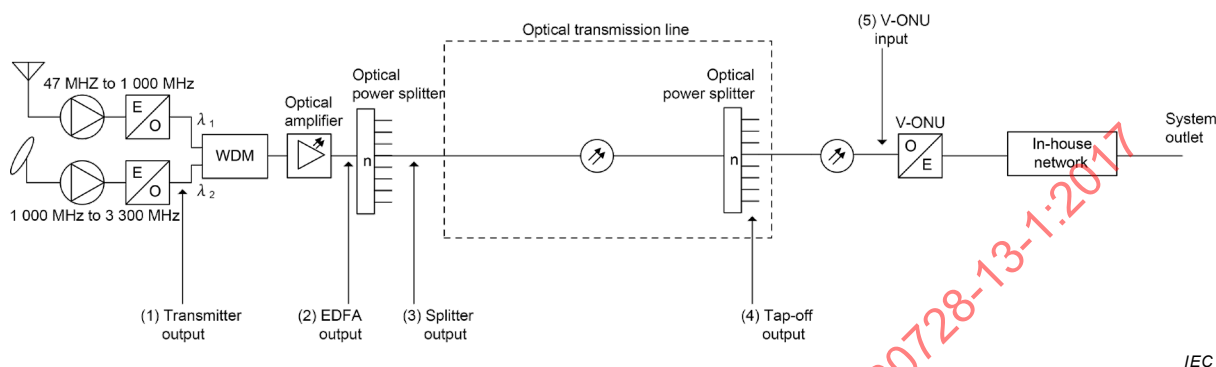


Figure 7 – Measuring points in a typical FTTH system

- If an optical amplifier is not employed in the system, the *RIN* for each wavelength shall be measured at point (1).
- Usually, optical amplifiers are installed indoors for maintenance purposes, if an outdoor type optical amplifier is employed and measurement can be carried out outdoors, the optical amplifier output shall be considered as a measuring point.
- If the optical power at points (4) and (5) are sufficiently high, these points shall also be used for measuring the *RIN* value.

7.6.2.2 Measurement setup

Figure 8 shows the *RIN* measurement setup.

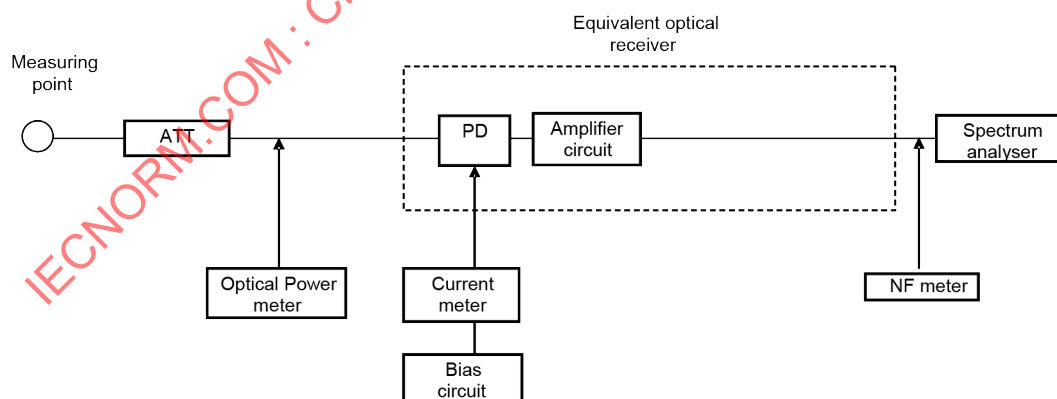


Figure 8 – *RIN* measurement setup

7.6.3 Measurement conditions

The measurement conditions of *RIN* measurement are the same as those given in 6.4.3 of IEC 60728-13:2010.

7.6.4 System *RIN* measurement method

7.6.4.1 General

This test method shall be used to predict the signal-to-noise ratio at the output of a V-ONU from the *RIN* measurement using the setup shown in Figure 8. If multiple wavelengths are used in the system, *RIN* shall be measured at all the individual wavelengths. In order to measure *RIN* at individual wavelengths, either an optical wavelength filter shall be inserted at the measuring point or the transmitters of other wavelengths shall be turned off. Ensure that only the wavelength of interest is fed to the measurement setup.

This sub-clause contains several steps as described below. If the parameters, R , I_{d0} , I_{eq} and G are unknown, refer to Annex D of IEC 60728-13:2010 for the measurement method of these parameters. *RIN* can be calculated using these parameters.

7.6.4.2 STEP A: Input power of optical receiver and system noise (noise current density)

For step A proceed as follows.

- Measure the input power of the optical receiver (P_r) using a power meter.
- Connect the spectrum analyser to 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.

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

where

Z_0 is the impedance of the measurement setup,

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

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

$$N_p = N_L + 10 \lg\left(\frac{B_N}{B}\right) + K_1 + K_2 \quad (2)$$

where

B_N is the measurement bandwidth of noise power (N_p) in 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 the conversion to effective voltage level,

$$20 \lg(2/\sqrt{\pi}) = 1,05 \text{ dB},$$

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

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) shall be taken into account in the measurement of noise level (see Annex F of IEC 60728-1:2014).

7.6.4.3 STEP B: *RIN* calculation

For step B proceed as follows.

- From the above measurement results, *RIN* can be calculated from the following relation:

$$RIN_n = 10 \lg \left[\frac{\frac{I_{bn}^2}{G}}{(R \cdot P_{rn})^2} - \frac{2e}{(R \cdot P_{rn})^2} (I_{d0} + R \cdot P_{rn}) - \frac{I_{eq}^2}{(R \cdot P_{rn})^2} \right] [\text{dB}(\text{Hz}^{-1})] \quad (3)$$

where

- R* is the responsivity of the photodiode (A/W),
- I_{d0}* is the dark current of the photodiode (A),
- I_{eq}* is the preamplifier equivalent input noise current density (A/√Hz),
- I_{bn}* is the total noise current within 1 Hz bandwidth at the optical receiver output (A/√Hz),
- G* is the amplifier gain of the optical receiver (Including gain of matching circuit),
- P_{rn}* is the *n*-th input power to the optical receiver (W),
- e* is the charge of an electron $1,602 \times 10^{-19}$ (C).

7.6.5 *S/N* calculation based on *RIN* value

The signal-to-noise ratio (*S/N*)_{*sk*} value of the *k*-th RF signal in the *s*-th optical signal contained in *n* (1 to *N_T*) optical signals, at the V-ONU output can be calculated using the following relation:

$$(S/N)_{sk} = 10 \lg \left[\frac{1}{B_N} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot (OMI_{sk} \cdot R \cdot P_{rs})^2}{\sum_{n=1}^{N_T} \{RIN_n \cdot (R \cdot P_{rn})^2\} + 2 \cdot e \cdot \left(I_{d0} + \sum_{n=1}^{N_T} R \cdot P_{rn} \right) + I_{eq}^2} \right] [\text{dB}] \quad (4)$$

The parameters for the calculation are listed in Table 4.

Table 4 – Parameters used to calculate S/N when signals of multiple wavelengths are received by a single V-ONU

Symbol	Description		Remarks
B_N	ISDB-C	Noise bandwidth 64/256-QAM: $5,3 \times 10^6$ (Hz)	Depends on the modulation format
	ISDB-C2	OFDM(J.382): $5,71 \times 10^6$ (Hz)	
	ISDB-T	OFDM: $5,6 \times 10^6$ (Hz)	
	ISDB-S	QPSK, TC8PSK: $28,86 \times 10^6$ (Hz)	
	ISDB-S3	16APSK: $33,76 \times 10^6$ (Hz)	
K_s	Total number of RF signals in s -th optical signal		
OMI_{sk}	Optical modulation index of k -th RF signal transmitted using the s -th optical signal		
P_{rs}	Optical power of the s -th optical signal (W)		To measure the optical power of any individual wavelength, either turn off the transmitters of all other wavelengths, or insert an optical wavelength filter at the measuring point, and ensure that only the wavelength of interest is fed to the power meter.
P_{rn}	Optical power of n -th optical signal(W)		This parameter depends on the transmission line design.
RIN_n	RIN of the n -th optical signal (dB(Hz ⁻¹))		This parameter depends on the optical transmitter, optical amplifiers and transmission lines. If these parameters are unknown, the following values may be used to calculate the RIN of optical signal input to the V-ONU. RIN of the optical transmitter for multi-channel transmission: -155 dB(Hz⁻¹). RIN of the optical transmitter for retransmission: -150 dB(Hz⁻¹). NF of an optical amplifier: 6,5 dB. RIN due to the optical transmission line: -161 dB(Hz⁻¹).
e	Charge of an electron (1,602 x 10 ⁻¹⁹ C)		Physical constant.
R	Responsivity of the V-ONU (A/W)		Depends on the performance of V-ONU. If these parameters are unknown, the following values may be used in the calculation of RIN .
I_{d0}	Dark current of the V-ONU (A)		
I_{eq}	V-ONU equivalent input noise current density (A/√Hz)		
N_T	Number of simultaneously transmitted optical signals		R: 0,84 (A/W) I_{d0}: 1,3 (nA) I_{eq}: 10 pA/√Hz

7.6.6 Calculation of component RIN

To calculate the RIN degradation due to optical amplifiers and optical transmission lines, the methods described in 6.4.6 of IEC 60728-13:2010 shall be used.

7.7 Optical modulation index

The optical modulation index (*OMI*) of broadcast satellite signals shall be measured according to the method described in 4.8 of IEC 60728-6:2011. In this document it is required that any power AGC function, if available in the transmitter, shall be turned off during the measurements.

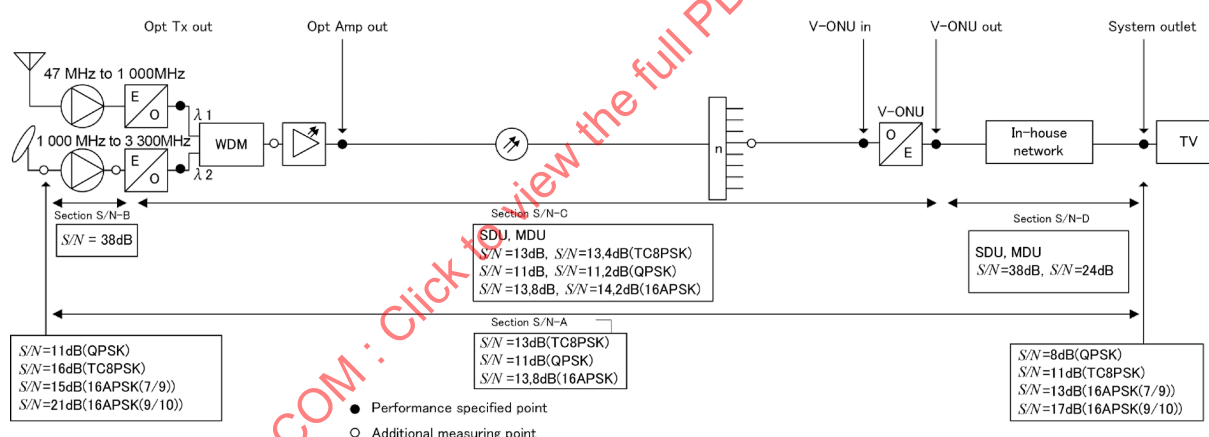
7.8 Signal-to-crosstalk ratio (*SCR*)

This method of measurement is applicable when other services (i.e. digital communication signals like GPON, GEAPON or Ethernet-Point-to-Point) besides CATV broadcast transmission (i.e. 16APSK, 64/256QAM, OFDM, 8PSK and QPSK) are transmitted in the optical network. Other services may produce crosstalk effects in optical fibres and in optical receiver devices with high linearity. The signal-to-crosstalk ratio (*SCR*) of satellite broadcast signals shall be measured according to the method of measurement of signal-to-crosstalk ratio which is planned to be described in 6.6 of IEC 60728-113:—.

8 Specification of optical system for broadcast signal transmission

8.1 Digital broadcast system over optical network

OFDM and QAM (47 MHz to 1 000 MHz) systems are described in IEC 60728-113. This document describes broadcast satellite (BS) and communication satellite (CS) signals (1 000 MHz to 3 300 MHz) modulated by 16APSK and xPSK. The following *S/N* allocation is applied only to these signals (see Figure 9).



IEC

Figure 9 – Performance allocation and measuring points

8.2 International TV systems

The minimum RF signal-to-noise requirement in operation is shown in Table 5.

Table 5 – Minimum RF signal-to-noise ratio requirements in operation

System	Modulation	Code rate	Minimum RF signal-to-noise ratio at headend input	Minimum RF signal-to-noise ratio at system outlet
			S/N dB	S/N dB
ISDB-S	TC8PSK	2/3	16 ^a	11
	QPSK	3/4	11 ^a	8
ISDB-S3	16APSK	7/9	21 ^a	13 ^a
DVB-S	QPSK	3/4	See Table 17 of IEC 60728-101:2016	See Table 9 of IEC 60728-101:2016
DVB-S2	16APSK	—	See Table 17 of IEC 60728-101:2016	See Table 9 of IEC 60728-101:2016
	32APSK	—	See Table 17 of IEC 60728-101:2016	See Table 9 of IEC 60728-101:2016

^a It shows the subtraction of “corresponding S/N degradation due to rain attenuation of 99 % in time at the worst month” from “ S/N of the headend input signal”. Refer to Annex D for details of the relation between S/N degradation and rain attenuation.

8.3 Relationship between RIN and S/N

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

The multi-channel service system, for longer transmission distance and larger number of subscribers, uses a transmitter with the external intensity modulation method for the transmission of digital signals and satellite signals. In multi-channel service with CS supplementary service, the BS/CS-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 BS service are assumed for the re-transmission service. Most of the re-transmission service systems don't require an EDFA, or require one EDFA only, and the optical system uses the direct intensity modulation method in general.

Table 6 – Types of broadcast services

Type of service	Number of wavelengths		Signal less than 1 GHz				Higher than 1 GHz (satellite) ISDB-S/S3 DVB-S/S2
			Number of signals	System	Modulation	Sub-carrier	
Metropolitan type CATV	1		80 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	24 signals (xPSK, 16APSK)
				DVB-T2	COFDM	~256QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64QAM 256QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	~4096QAM	
	2	λ_1	80 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	—
				DVB-T2	COFDM	~256QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64QAM 256QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	~4096QAM	
		λ_2	—	—	—	—	24 signals (xPSK, 16APSK)
Municipal type CATV	1		11 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	48 signals (xPSK, 16APSK)
				DVB-T2	COFDM	~256QAM	
	2	λ_1	11 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	—
				DVB-T2	COFDM	~256QAM	
		λ_2	—	—	—	—	48 signals (xPSK, 16APSK)
Poor signal reception type CATV	1		9 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	24 signals (xPSK, 16APSK)
				DVB-T2	COFDM	~256QAM	
	2	λ_1	9 signals	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	—
				DVB-T2	COFDM	~256QAM	
		λ_2	—	—	—	—	24 signals (xPSK, 16APSK)

The performance of such a transmission system can be defined by the value of relative intensity noise (RIN) for the optical signal, and the S/N ratio at V-ONU output for the electrical signal. 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 dual-wavelength, the multiplexed signal is assumed to be received by a single V-ONU. Details on actual parameters are described in Annex A. RIN values required

for the three service types are shown in Table 7. The intensity modulation method is applied to the optical system in all service types.

The following tables are applied only to the broadcasting satellite signal band using digital modulation (16APSK, TC8PSK and QPSK). The *RIN* value is calculated based on the necessary *S/N* ratio for the transmission of enhanced broadcasting signals (broadcast satellite digital signals). The overall system *S/N* shall be allocated based on the digital signals in which the more stringent condition is required.

Table 7 – 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 <i>RIN</i> minimum value dB(Hz ⁻¹)	Corresponding <i>S/N</i> value ^a dB
Metropolitan type CATV (type a)	1	1,5	−8	−128	13 (SDU)
	2	—	−8 (λ_1) ^b	−129	14 (MDU)
		6,1	−14 (λ_2) ^b	−128 ^c	13 (SDU)
Municipal type CATV (type b)	1	3,0	−8	−129 ^c	14 (MDU)
	2	—	−8 (λ_1) ^b	−127	18 (SDU)
		4,3	−14 (λ_2) ^b	−128	19 (MDU)
Poor signal reception type CATV (type c)	1	4,7	−12	−138 ^c	18 (SDU)
	2	—	−12 (λ_1) ^b	−139 ^c	19 (MDU)
		6,1	−14 (λ_2) ^b	−118	13 (SDU)
				−119	14 (MDU)

^a The *S/N* value is calculated for TC8PSK system (for type of service a, c) or 16APSK(Code Rate 7/9) system (for type of service b).

^b λ_1 : wavelength of the 47 MHz to 1 000 MHz transmission band, λ_2 : wavelength of the 1 000 MHz to 3 300 MHz transmission band (for type of service a, c) or 1 000 MHz to 3 300 MHz (for type of service b).

^c Total *RIN* value for a two-wavelength system.

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

8.4 Optical wavelength

Table 8 shows the performance of optical wavelength and power for the FTTH system defined by this document.

Table 8 – performance of optical wavelength and power

Optical wavelength		Refer to IEC 60728-13.
Optical power	Optical transmission power	When the FTTH system operates with two wavelengths, the optical power of the first wavelength refers to IEC 60728-13 and the second wavelength is -6 dB of the first wavelength.
	V-ONU input power	
Interval of wavelengths (two wavelength system)		The wavelengths shall be selected in accordance with ITU-T G.694.1 for the DWDM case and ITU-T G.694.2 for the CWDM case (see Annex B). If other wavelengths are chosen, at least 0,3 nm wavelength separation shall be kept in any case to avoid interference to broadcast signals.

Avoiding the influence to the first wavelength from the second one, the level of the second wavelength shall be sufficiently less than the first one. This means -6 dB level difference when the *OMI* of the second signal is quadrupled. Refer to B.3.2.

8.5 Frequency of source signal

The frequency range of source signals considered here is 47 MHz to 3 300 MHz. However, regional frequency plans can be used for the operating frequency range of the optical system.

8.6 Optical system specification for satellite signal transmission

The major parameters of the optical system are shown in Table 9. Refer to IEC 60728-113 for OFDM, and QAM signals.

Table 9 – Optical system specification

Parameter		QPSK (ISDB-S)	TC8PSK (ISDB-S)	16APSK (ISDB-S3)
Optical wavelength		1 530 nm to 1 625 nm (1 555 nm ± 5 nm is strongly recommended.)		
Frequency of source signal		1 000 MHz to 3 300 MHz		
Fluctuation of signal-wave level		—		
Noise bandwidth of electronic signal		28,86 MHz	28,86 MHz	33,7561 MHz
Min. optical section <i>S/N</i> (Between headend output and system outlet)		16 dB	16 dB	Code rate 7/9 15,3 dB
Min. <i>S/N</i>	At headend Input	11 dB ^a	16 dB ^a	Code rate 7/9 21 dB ^a
	At system outlet ^b	8 dB ^b	11 dB ^b	Code rate 7/9 13 dB ^c
^a It shows the subtraction of "corresponding <i>S/N</i> degradation due to rain attenuation of 99 % in time at the worst month" from <i>S/N</i> of the headend input signal. Refer to Annex D for details of the relation between <i>S/N</i> degradation and rain attenuation. ^b It corresponds to $BER = 1 \times 10^{-8}$ ^c It corresponds to $BER = 1 \times 10^{-11}$				

8.7 S/N ratio specification for in-house and in-building wirings

The S/N ratio can be specified outside of the system outlet if the performance of the in-house/in-building wiring section is maintained properly. Based on current installation methods, the S/N ratio allocation for the in-house/in-building wiring section is specified in Table 10. The S/N ratio allocation is different for single dwelling units (SDU) and multiple dwelling unit (MDU) as shown in Figure 10 and Figure 11, considering difference of network composition.

Table 10 – Section of S/N ratio specification for in-house/in-building wiring

Category of house		Minimum S/N ratio for in-house/in-building wiring dB
Single dwelling unit (SDU)	-	38
Multiple dwelling unit (MDU)	O/E conversion at MDU entrance, coaxial cable distribution to TV set	24
	No O/E conversion at MDU entrance, optical cable distribution to TV set	24

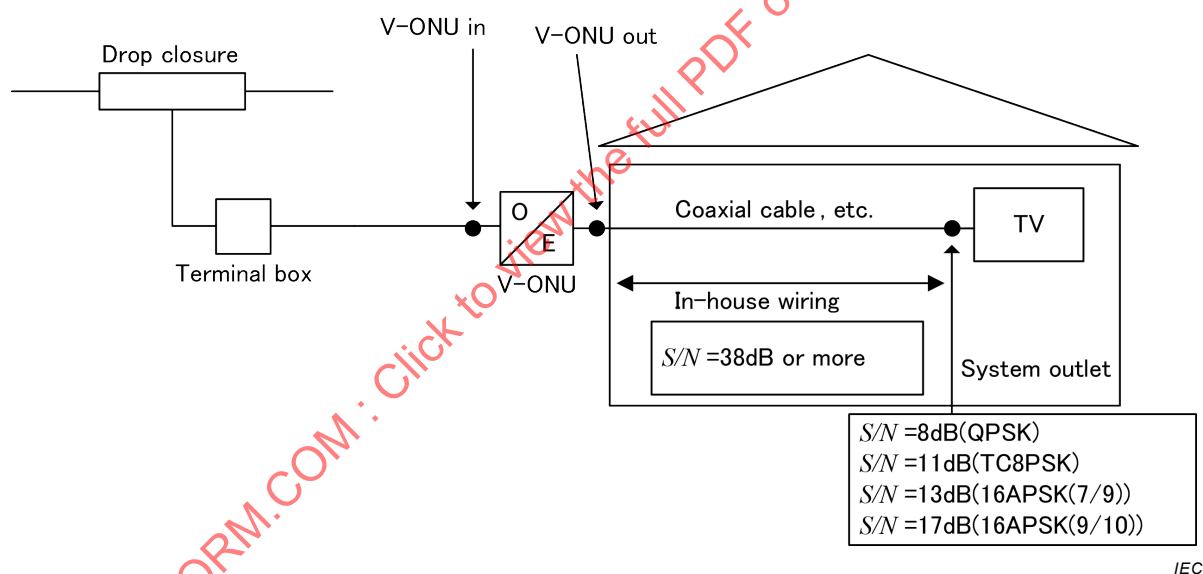


Figure 10 – Section of S/N ratio specification (38 dB) for in-house wiring

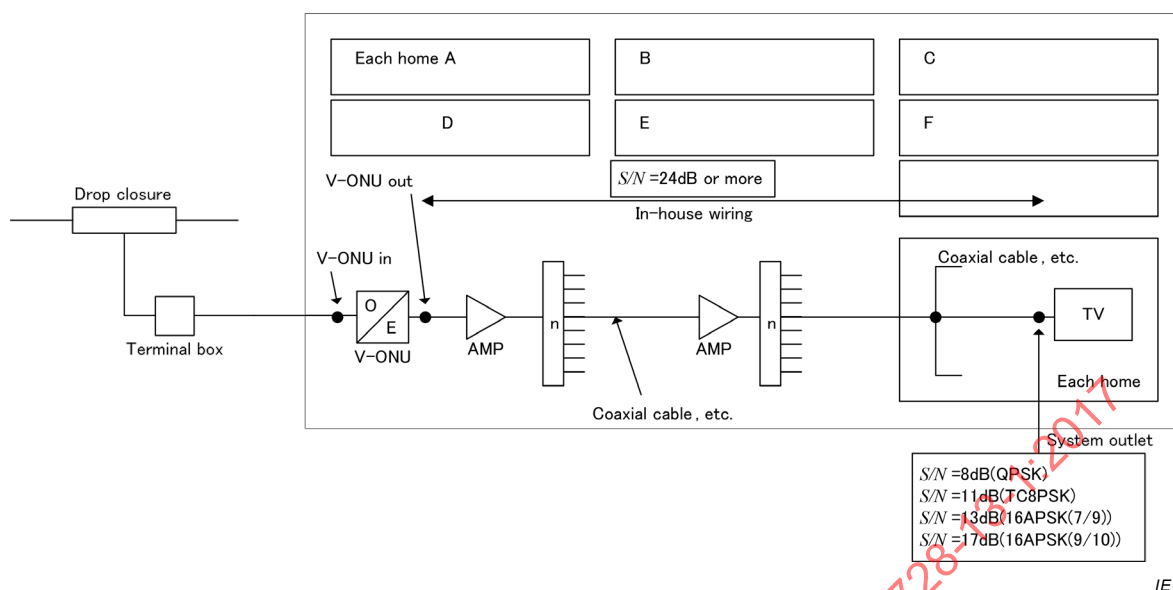


Figure 11 – Section of S/N ratio specification (24 dB) for in-building wiring (in case of coaxial cable distribution after V-ONU)

8.8 Crosstalk due to optical fibre non-linearity

Refer to IEC 60728-113.

8.9 Single frequency interference level due to fibre non-linearity

The single frequency interference level caused by fibre non-linearity shall meet the following values shown in Table 11. All the parameters of optical broadcast transmission systems shall be set appropriately to satisfy the interference level. The measuring point shall be point (6) shown in Figure 4.

Table 11 – Interference level due to fibre non-linearity (single frequency interference)

System	Broadcast system	Code rate	D/U ratio dB
ISDB-S	Broadcast satellite (TC8PSK)	—	More than 13
	Communication satellite (QPSK)	—	More than 13
ISDB-S3	Broadcast satellite (16APSK)	7/9	More than 14
	Communication satellite (16APSK)	7/9	More than 14

8.10 Environment condition

Refer to IEC 60728-13.

Annex A (informative)

Actual service systems and design considerations

A.1 General

As described in Clause 7, the CATV broadcast service and new services like a 3D-hologram and/ or video on demand (VOD) under the scope of this document can be classified into the following three types:

- metropolitan type CATV: Multi-channel service with digital signals (below 1 GHz, 80 channels);
- municipal type CATV: Multi-channel service with a mixture of BS,CS services and digital signals (below 1 GHz, 11 channels);
- poor signal reception type CATV: BS signals and digital signals (below 1 GHz, 9 channels).

Annex A describes actual service systems and design considerations based on the specifications stated in this document.

A.2 Metropolitan type CATV

CATV operators currently provide multi-channel services for digital broadcasting. Digital multi-channel services are classified as multi-channel services in this document. Clause A.2 describes the following two reference models for the multi-channel services over an optical network using a single optical wavelength or dual optical wavelengths, respectively.

Model (A) λ_1 : 80 digital signals + 24 satellite (BS) channels.

Model (B) λ_1 : 80 digital signals, λ_2 : 24 satellite (BS) channels.

Model (A) is selected as a reference model for a single optical wavelength. In this case, a directly modulated transmitter is used.

Model (B) is selected as a reference model that uses two optical wavelengths. In this case an externally modulated transmitter is used for below 1 000 MHz and a directly modulated transmitter is used for above 1 000 MHz.

“Digital” means either DVB-C2 (J.382), 64/256QAM or COFDM (OFDM) signals, and “satellite”, 16APSK and xPSK signals.

The system size of CATV multi-channel services is mostly from 1 500 to 340 000 terminals, the transmission line length is up to 40 km, and contains four stages of EDFA in general. EDFA is the synonym of optical amplifier in this document. 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 for one million terminals, and for 2 000 terminals, respectively.

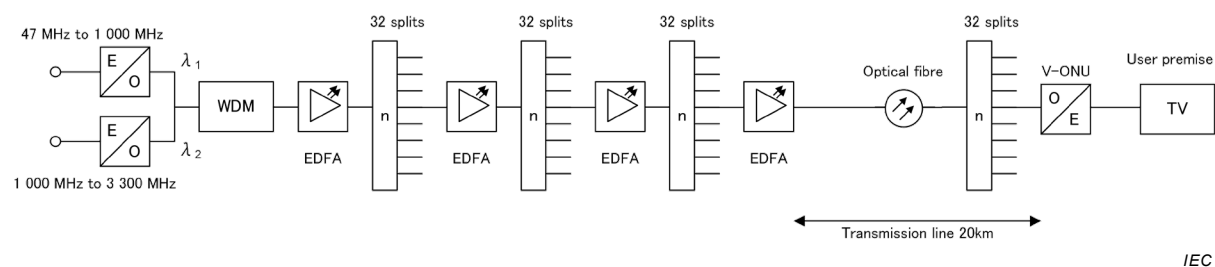


Figure A.1 – Example of a multi-channel service system of one million terminals

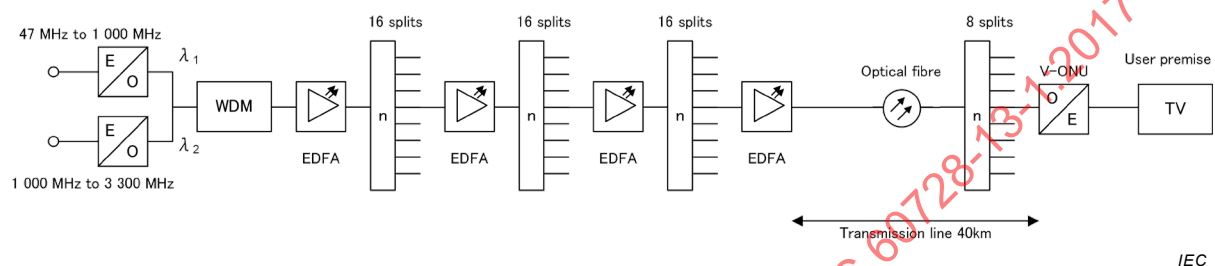


Figure A.2 – Example of a multi-channel service system with 2 000 terminals

A.3 Municipal type CATV

Clause A.3 describes the following two reference models for the multi-channel services with CS supplementary service over an optical network using a single optical wavelength or two optical wavelengths, respectively (see Figure A.3).

Model (C) λ_1 : 11 digital channels + 48 satellite (BS and CS) channels.

Mode I(D) λ_1 : 11 digital channels, λ_2 : 48 satellite (BS and CS) channels.

Model (C) is selected as a reference model for a single optical wavelength. In this case, a directly modulated transmitter is used.

Model (D) is selected as a reference model that is used for two optical wavelengths. In this case, a directly modulated transmitter is used for below 1 000 MHz and a directly modulated transmitter is used for above 1 000 MHz.

“Digital” means either 64/256QAM or OFDM signals, and “satellite”, either 16APSK or xPSK signals.

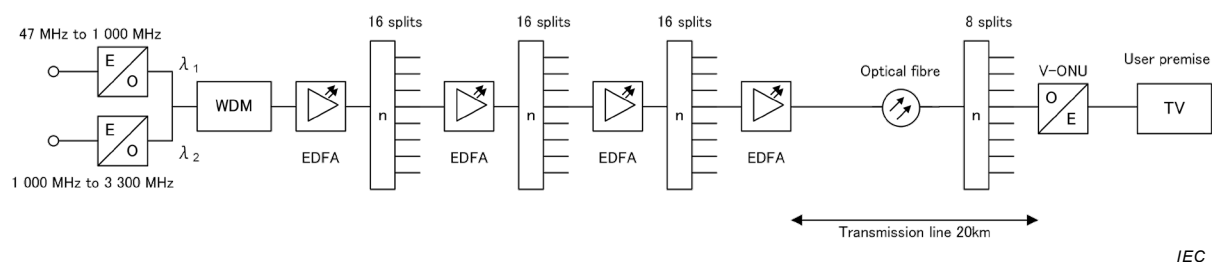


Figure A.3 – Example of a multi-channel with CS supplementary service system for 2 000 terminals

A.4 Poor signal reception type CATV

The re-transmission service system is a small-sized receiving facility providing broadcast services for poor reception areas. Nine digital channels, and 24 satellite channels are assumed for the re-transmission service. In general re-transmission service systems have about 2 km trunk line and 70 terminals. In this case, a maximum of one EDFA is enough for this network size. Most of the re-transmission service systems do not require an EDFA (see Figures A.4 and A.5).

Model (E) λ_1 : 9 digital channels + 24 satellite (BS) channels.

Model (F) λ_1 : 9 digital channels, λ_2 : 24 satellite (BS) channels.

Model (E) is selected as a reference model for single optical wavelength systems, and Model (F) for dual optical wavelength systems. In both cases, directly modulated transmitters are used.

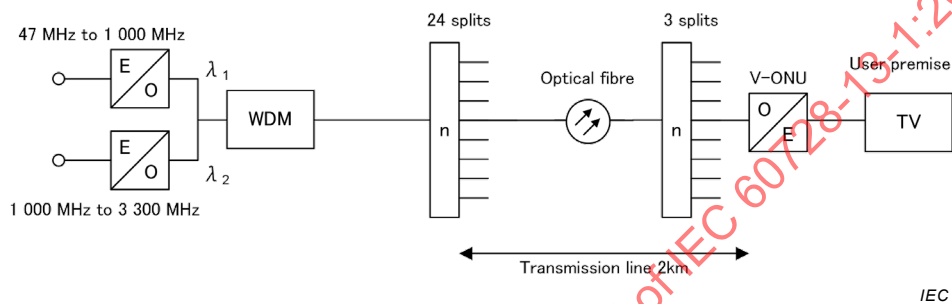


Figure A.4 – Example of a re-transmission service system with 72 terminals

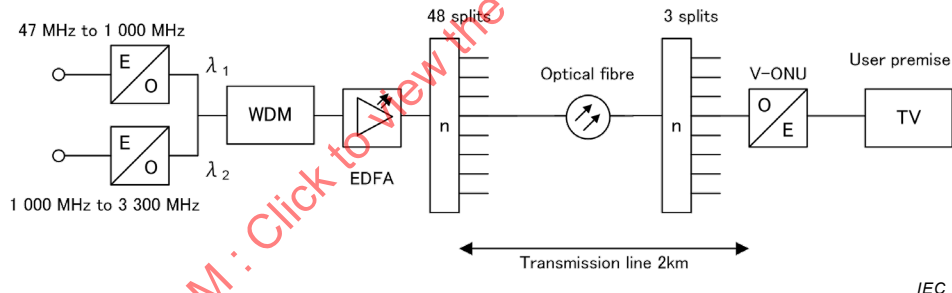


Figure A.5 – Example of a re-transmission service system with 144 terminals

A.5 System reference model

A.5.1 System parameters

Table A.1 summarizes the basic system parameters verified for the above service system and Figures A.6 to A.11 provide system performance calculations for the different models.

Table A.1 – Basic system parameters (Japan)

Ref. model No.	Type of service	Number of wave-lengths	Number of signals	OMI (%)	EDFA stage	Remark
Model A	Metropolitan type CATV	1	Digital: 80 channels	OFDM(ISDB-T): 2,5 64QAM(ISDB-C): 2,5 256QAM(ISDB-C): 5,0 Satellite (BS): 1,5	4	Direct modulation method (90 MHz to 2 681 MHz)
Model B		2	Satellite (BS): 24 channels	OFDM(ISDB-T): 2,5 64QAM(ISDB-C): 2,5 256QAM(ISDB-C): 5,0 Satellite (BS): 6,1	4	External modulation method (90 MHz to 1 000 MHz) Direct modulation method (1 000 MHz to 2 681 MHz)
Model C	Municipal type CATV	1	Digital: 11 channels	OFDM(ISDB-T): 3,2 Satellite (BS and CS): 3,0	3	Direct modulation method (90 MHz to 3 224MHz)
Model D		2	Satellite (BS and CS): 48 channels	OFDM(ISDB-T): 3,2 Satellite (BS and CS): 4,3	3	Direct modulation method (90 MHz to 1 000 MHz) Direct modulation method (1 000 MHz to 3 224 MHz)
Model E	Poor signal reception type CATV	1	Digital: 9 signals	OFDM(ISDB-T): 6,4 Satellite (BS): 4,7	0	Direct modulation method (90 MHz to 2 681 MHz)
Model F		2	Satellite (BS): 24 signals	OFDM(ISDB-T): 6,4 Satellite (BS): 6,1	0	Direct modulation method (90 MHz to 2 681 MHz)

The parameters used for the calculation of the system performance are as follows.

1) Metropolitan / Municipal type CATV

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/ $\sqrt{\text{Hz}}$
V-ONU receiving device dark current (I_{d0})	1,3 nA
V-ONU optical-electrical conversion efficiency (R)	0,84 A/W

2) Poor signal reception type CATV

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/ $\sqrt{\text{Hz}}$
V-ONU receiving device dark current (I_{d0})	1,0 nA
V-ONU optical-electrical conversion efficiency (R)	0,9 A/W

A.5.2 Operating environment

The optical transmitter and the optical amplifier are assumed to be headend equipment and installed in an office building with controlled environmental conditions. The V-ONU can be

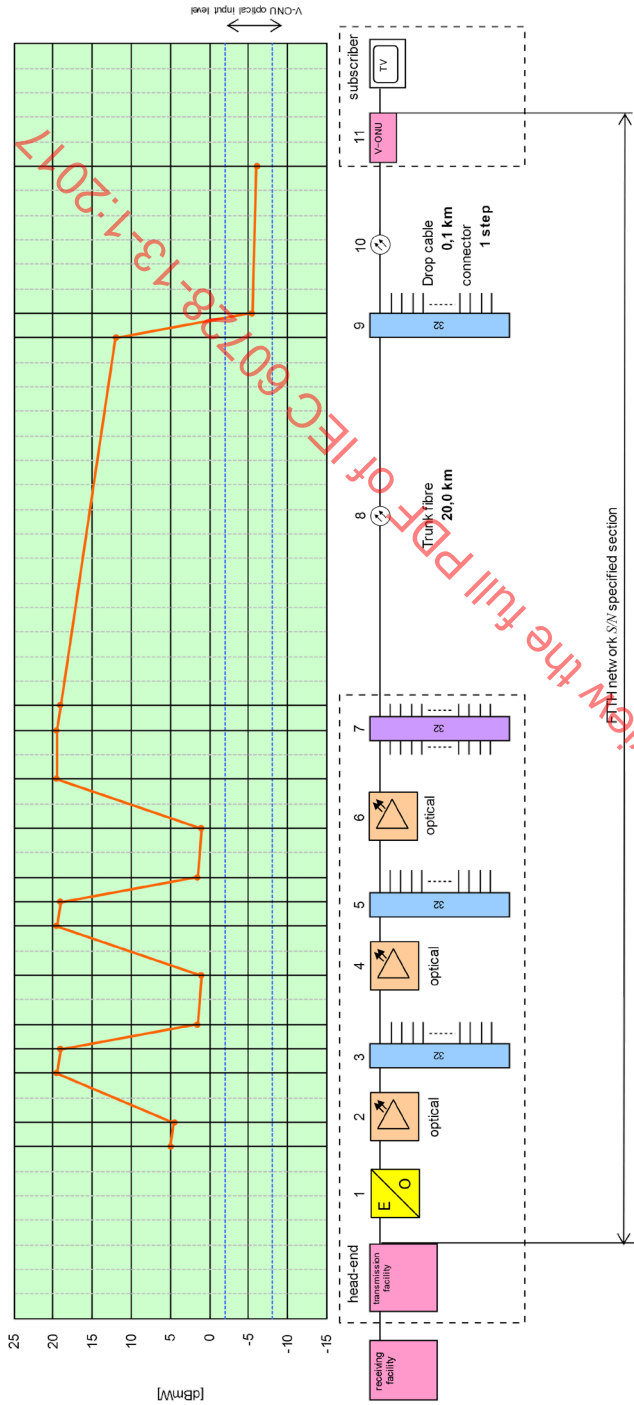
installed indoors or outdoors under eaves. Unless otherwise specified, the following ranges shall be applied.

a) Optical transmitter		
Ambient temperature	0 °C to +40 °C	
Humidity	20 % to 90 %	without dew condensation (see note)
b) Optical amplifier		
Ambient temperature	0 °C to +40 °C	
Humidity	20 % to 90 %	without dew condensation (see note)
c) V-ONU		
Ambient temperature	–20 °C to +40 °C	(outdoor installation)
Ambient temperature	0 °C to +40 °C	(indoor installation)
Humidity	20 % to 100 %	without dew condensation (see note)
Ingress protection	better than IP43	[IEC 60529]

NOTE Except direct solar radiation environment.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-13-1:2017

Model A Metropolitan type CATV, 4 EDFA stages, OMI: OFDM/64QAM: 2,5 %, 256 QAM: 5,0 %, satellite (BS) 1,5 % directly modulated optical transmitter: **1 wavelength** (80 digital channels, 24 satellite (BS) channels)



Item	
amplifier NF	6,2 dB
OMIch	2,5 %
EO INPUT SN	27,0 dB
EO OUTPUT SN	43,0 dB
EO INPUT SN	16,0 dB

equipment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
transmitter	RF-80dBuV	4,50	19,00	1,00	19,00	1,00	19,50	19,00	12,00	-5,50	-6,04
input level [dBmW]	-	15,00	-17,50	18,50	-17,50	18,50	-0,50	-7,00	-17,50	-0,54	-
gain or loss [dB]	-	5,00	19,50	1,50	19,50	19,50	19,00	12,00	-5,50	-6,04	RF-80dBuV
output level [dBmW]	-	-158,10	-152,73	-148,60	-148,60	-146,53	-146,53	-146,53	-146,53	-146,53	-146,53
output RIN[dB(Hz-1)]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
channel SN1 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
channel SN2 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
channel SN3 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

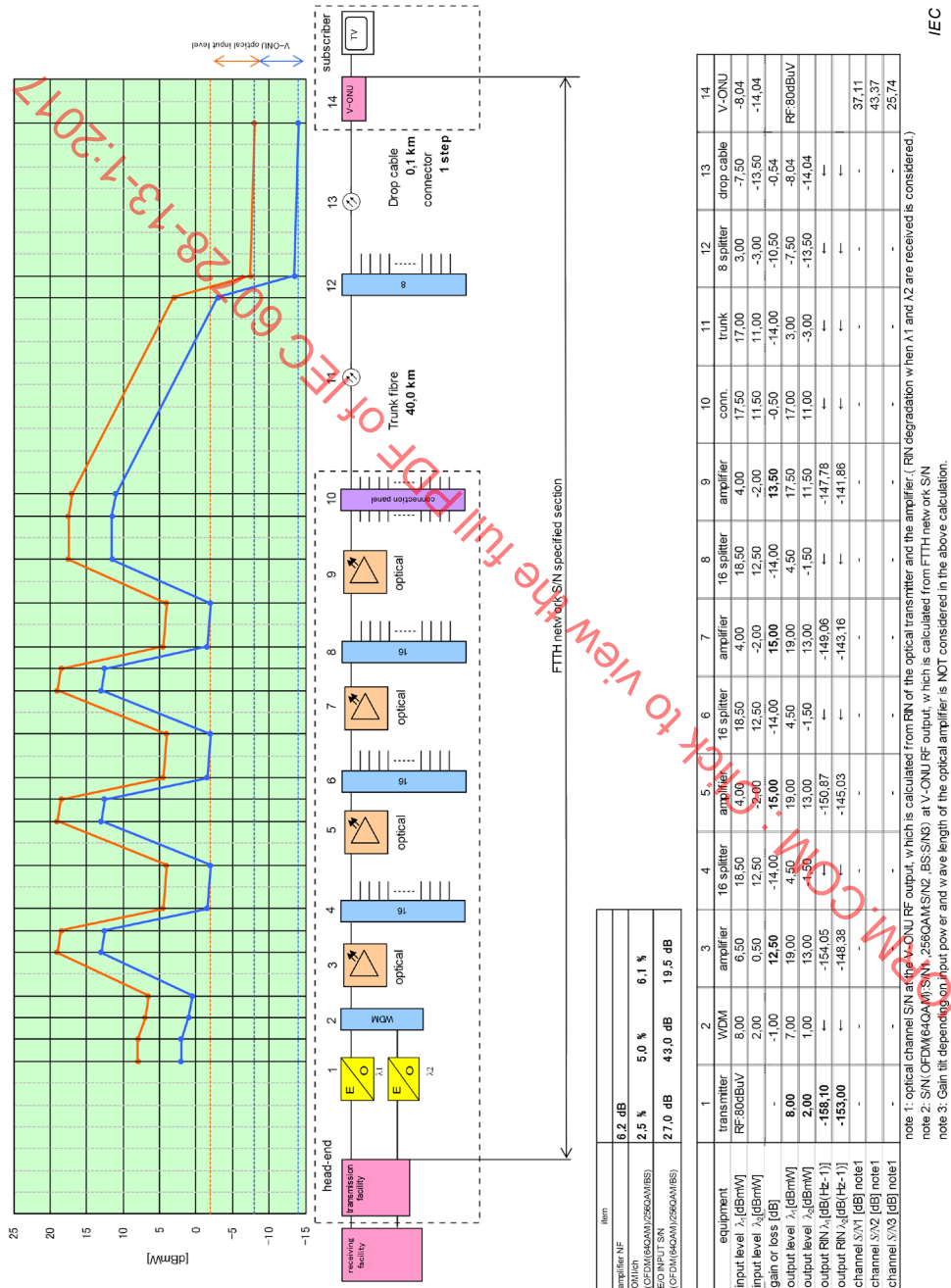
note 1: FTTH network SN at the V-ONU RF output, which is calculated from RIN of the optical transmitter and the amplifier

note 2: SN(OFDM/64QAM)/SN(256QAM) at V-ONU RF output, which is calculated from FTTH network SN

Figure A.6 – System performance calculation for model A

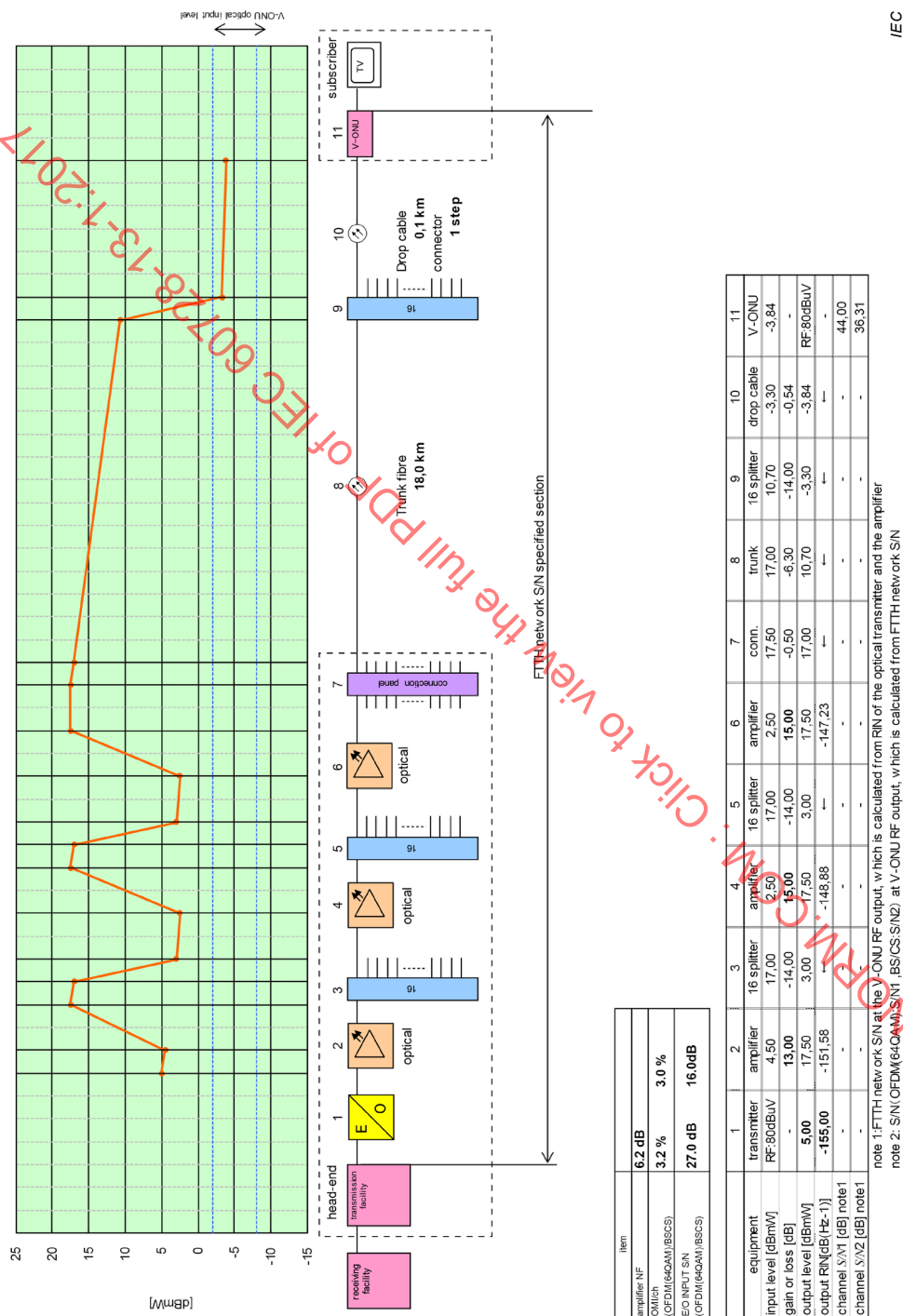
Model B

Metropolitan type CATV, 4 EDFA stages, OMI: OFDM/64QAM: 2.5%, 256QAM: 5.0%, satellite(BS): 6, 1% externally and directly modulated optical transmitters: **2 wavelengths** (80 digital channels, 24 satellite(BS) channels)



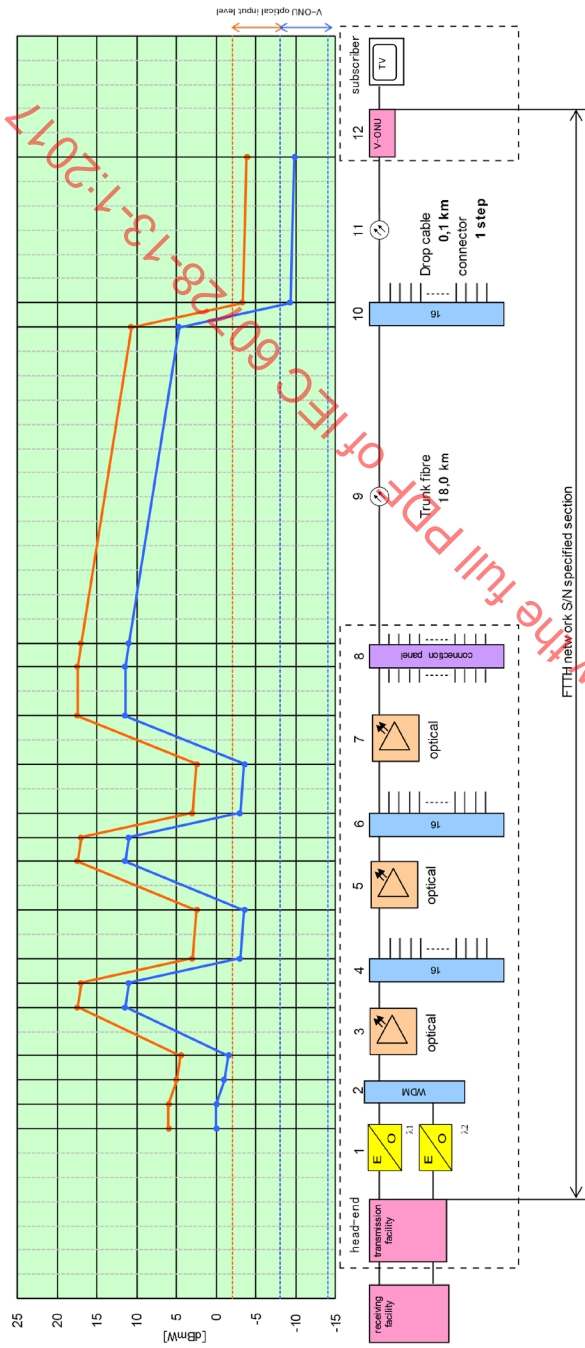
Model C

Municipal type CATV, 3 EDFA stages, OMI: OFDM 3,2 %, satellite (BS/CS) 3,0%
directly modulated optical transmitter: **1 wavelength** (11 digital channels, 48 satellite (BS/CS) channels)



Model D

Municipal type CATV, 3 EDFA stages, OMI: OFDM: 3,2 %, satellite (BS/CS): 4,3% external and direct modulation optical transmitter: **2 wavelengths** (11 digital channels, 48 satellite (BS/CS) channels)



Item	
amplifier NF	6,2 dB
OMI	3,2 %
EDFA NF	4,3 %
EDFA NF	27,0 dB
EDFA NF	16,0 dB

equipment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
transmitter	WDM	WDM	amplifier	16 splitter	amplifier	16 splitter	amplifier	conn.	trunk	16 splitter	drop cable	V-ONU
input level I_i [dBmW]	6,00	4,50	17,00	17,00	2,50	17,00	2,50	17,50	17,00	10,70	-3,30	-3,84
input level I_i [dBmW]	6,00	4,50	17,00	17,00	2,50	17,00	2,50	17,50	17,00	10,70	-3,30	-3,84
gain or loss [dB]	-	-1,00	13,00	-14,00	15,00	-14,00	15,00	-0,50	-6,30	-14,00	-0,54	-
output level I_o [dBmW]	6,00	5,00	17,50	3,00	17,50	3,00	17,50	17,00	10,70	-3,30	-3,84	RF-80dBuV
output level I_o [dBmW]	6,00	5,00	17,50	3,00	17,50	3,00	17,50	17,00	10,70	-3,30	-3,84	RF-80dBuV
output RN I_o [dB(Hz-1)]	0,00	-1,00	11,50	-3,00	11,50	-3,00	11,50	11,00	4,70	-9,30	-9,84	-
output RN I_o [dB(Hz-1)]	0,00	-1,00	11,50	-3,00	11,50	-3,00	11,50	11,00	4,70	-9,30	-9,84	-
output RN I_o [dB(Hz-1)]	-153,00	-	-146,38	-	-143,57	-	-147,62	-	-	-	-	-
channel S/N1 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,44
channel S/N2 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,88

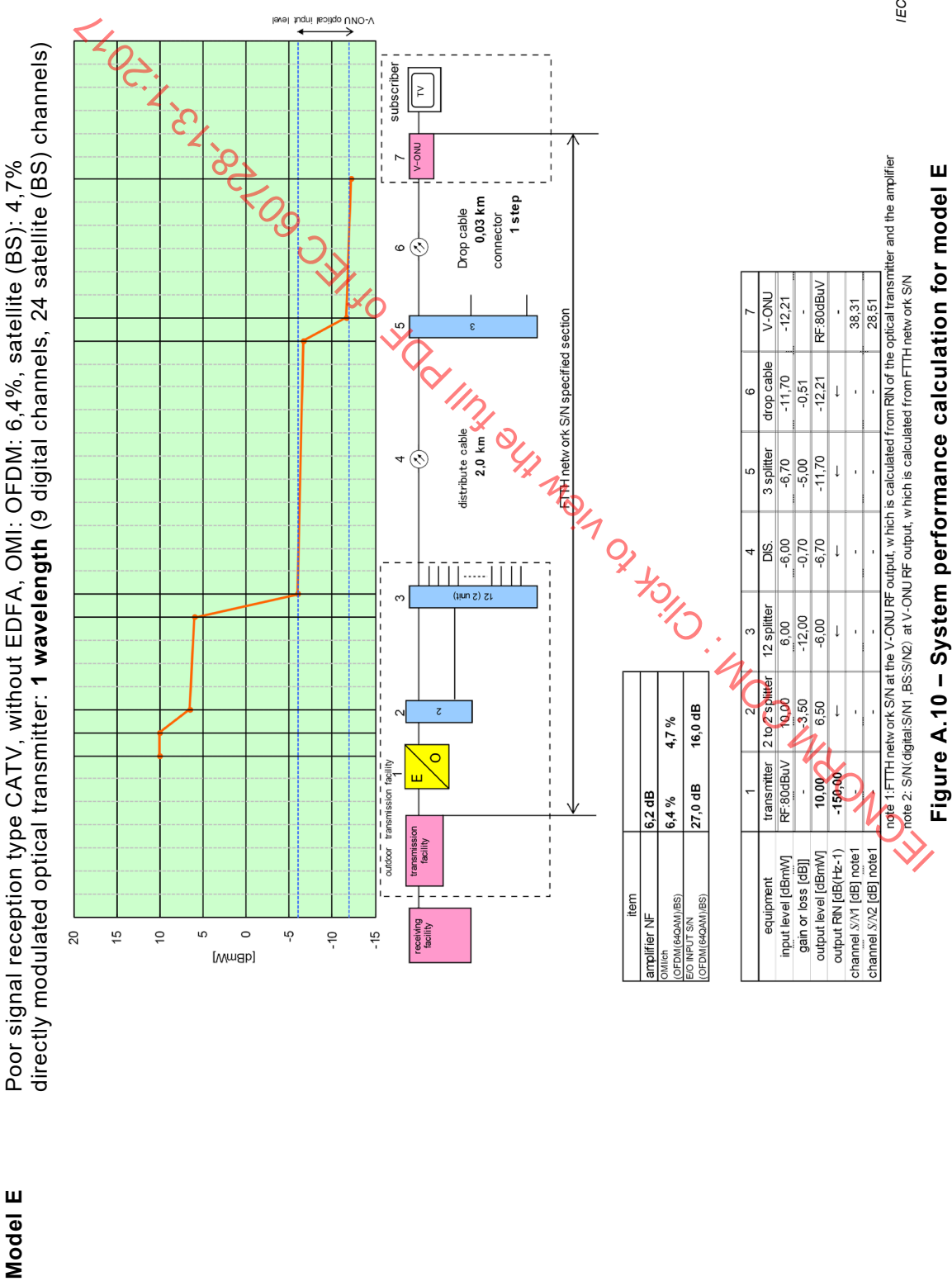
note 1: FTTN network S/N at the V-ONU RF output, which is calculated from RN of the optical transmitter and the amplifier. (RN degradation when λ_1 and λ_2 are received is considered.)

note 2: S/N OFDM (GAM)/S/N BS/CS (S/N2) at V-ONU RF output, which is calculated from FTTN network S/N

note 3: Gain (dB) depending on input power and wave length of the optical amplifier is NOT considered in the above calculation.

IEC

Figure A.9 – System performance calculation for model D



Model F Poor signal reception type CATV, without EDFA, OMI: digital 6,4%, satellite (BS): 6,1% directly modulated optical transmitters: **2 wavelengths** (9 digital channels, 24 satellite (BS) channels)

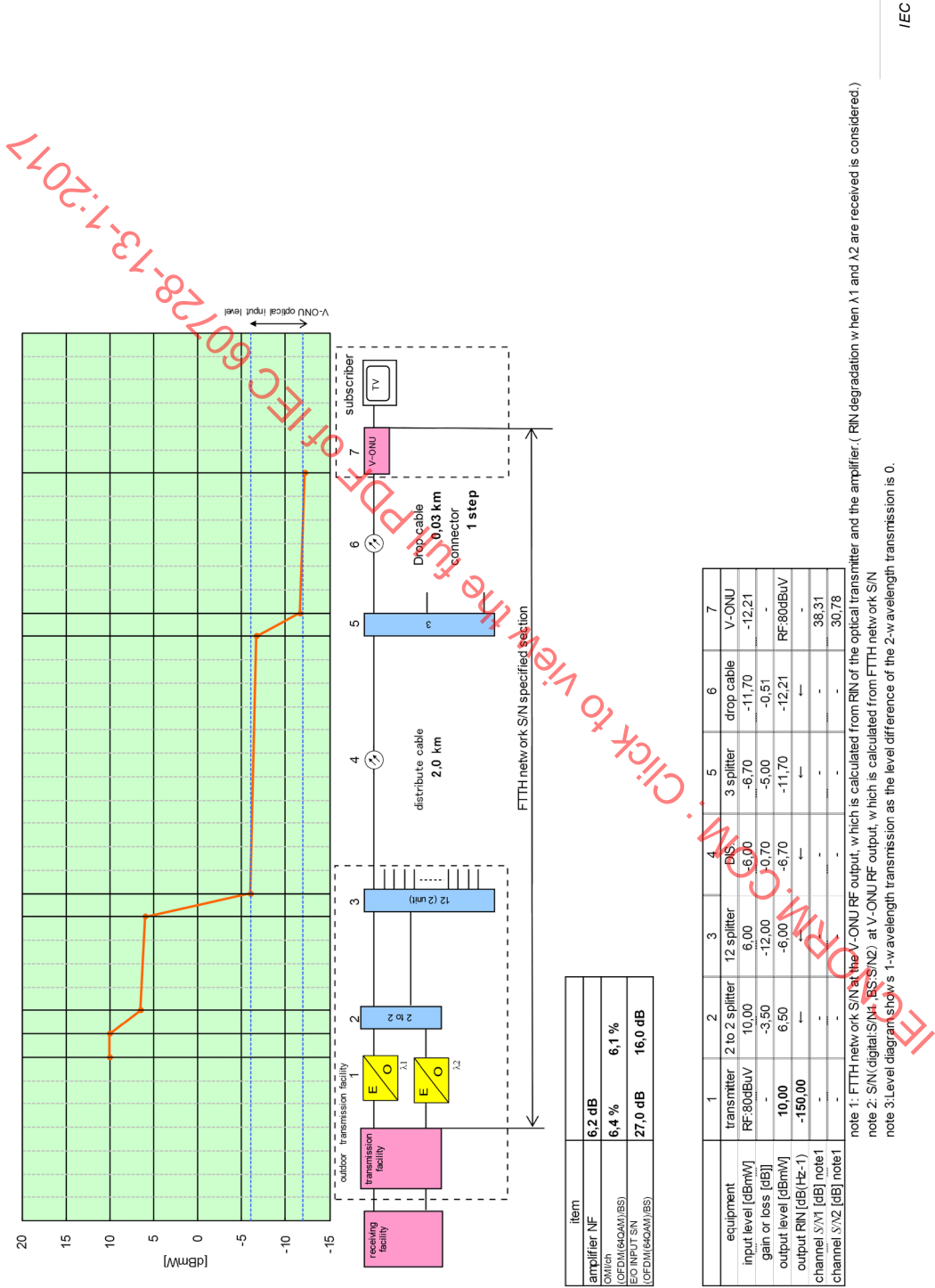


Figure A.11 – System performance calculation for model F

A.6 Guidelines for actual operation

A.6.1 Optical transmitter

It is considered to operate with the CS, BS and prospective satellite supplementary service facilities to control the SBS (stimulated Brillouin scattering) effect. For that purpose a directly modulated transmitter having a dummy carrier in the vicinity of 2 GHz is used.

A.6.2 Optical amplifier

In case of feeding multiple optical wavelengths (i.e. WDM system) to an amplifier, the gain tilt effect is considered. In general, the wider the wavelength spacing, the larger the gain tilt, and the operation levels become different. Careful attention should be paid to the level differences between wavelengths in cascaded operation. A 6 dB level difference is assumed between two wavelengths at the headend in this system, however, the gain tilt may impair the level difference and finally it becomes difficult to maintain the original level difference. This may degrade the S/N value.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-13-1:2017

Annex B (informative)

Wavelength division multiplexing

B.1 Optical wavelength grid (optical frequency grid)

The wavelength spacing is defined as follows.

a) DWDM frequency grid (ITU-T G.694.1):

There is a variety of channel spacings ranging from 12,5 GHz to 100 GHz and wider.

b) CWDM wavelength grid (ITU-T G.694.2):

A wavelength spacing of 20 nm is defined.

B.2 Nominal central frequencies and wavelengths

The wavelengths (frequencies) are defined as follows by two methods (ITU-T G.694.1):

a) DWDM case

For a channel spacing of 12,5 GHz, the allowed channel frequencies (in THz) are defined by:

$$f = 193,1 + n \times 0,012\,5 \text{ where } n \text{ is a positive or negative integer including } 0$$

For a channel spacing of 25 GHz, the allowed channel frequencies (in THz) are defined by:

$$f = 193,1 + n \times 0,025\,0 \text{ where } n \text{ is a positive or negative integer including } 0$$

For a channel spacing of 50 GHz on a fibre, the allowed channel frequencies (in THz) are defined by:

$$f = 193,1 + n \times 0,050\,0 \text{ where } n \text{ is a positive or negative integer including } 0$$

For a channel spacing of 100 GHz or more on a fibre, the allowed channel frequencies (in THz) are defined by:

$$f = 193,1 + n \times 0,100\,0 \text{ where } n \text{ is a positive or negative integer including } 0$$

The wavelength can be calculated by the following equation:

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

where

λ	is the wavelength
f	is the frequency
c	is the speed of light in vacuum (= 2,997 924 58 × 10 ⁸ m/s)

The resulting approximate nominal central wavelengths are shown in Table B.1.

Table B.1 – Example nominal central frequencies of the DWDM grid

Approximate nominal central wavelengths nm	Nominal central frequencies in THz for spacings of		Approximate nominal central wavelengths nm	Nominal central frequencies in THz for spacings of	
	100 GHz	200 GHz		100 GHz	200 GHz
1 624,89	184,5	184,5	1 575,37	190,3	190,3
1 624,01	184,6		1 574,54	190,4	
1 623,13	184,7	184,7	1 573,71	190,5	190,5
1 622,25	184,8		1 572,89	190,6	
1 621,38	184,9	184,9	1 572,06	190,7	190,7
1 620,50	185,0		1 571,24	190,8	
1 619,62	185,1	185,1	1 570,42	190,9	190,9
1 618,75	185,2		1 569,59	191,0	
1 617,88	185,3	185,3	1 568,77	191,1	191,1
1 617,00	185,4		1 567,95	191,2	
1 616,13	185,5	185,5	1 567,13	191,3	191,3
1 615,26	185,6		1 566,31	191,4	
1 614,39	185,7	185,7	1 565,50	191,5	191,5
1 613,52	185,8		1 564,68	191,6	
1 612,65	185,9	185,9	1 563,86	191,7	191,7
1 611,79	186,0		1 563,05	191,8	
1 610,92	186,1	186,1	1 562,23	191,9	191,9
1 610,06	186,2		1 561,42	192,0	
1 609,19	186,3	186,3	1 560,61	192,1	192,1
1 608,33	186,4		1 559,79	192,2	
1 607,47	186,5	186,5	1 558,98	192,3	192,3
1 606,60	186,6		1 558,17	192,4	
1 605,74	186,7	186,7	1 557,36	192,5	192,5
1 604,88	186,8		1 556,55	192,6	
1 604,03	186,9	186,9	1 555,75	192,7	192,7
1 603,17	187,0		1 554,94	192,8	
1 602,31	187,1	187,1	1 554,13	192,9	192,9
1 601,46	187,2		1 553,33	193,0	
1 600,60	187,3	187,3	1 552,52	193,1	193,1
1 599,75	187,4		1 551,72	193,2	
1 598,89	187,5	187,5	1 550,92	193,3	193,3
1 598,04	187,6		1 550,12	193,4	
1 597,19	187,7	187,7	1 549,32	193,5	193,5
1 596,34	187,8		1 548,51	193,6	
1 595,49	187,9	187,9	1 547,72	193,7	193,7
1 594,64	188,0		1 546,92	193,8	
1 593,79	188,1	188,1	1 546,12	193,9	193,9
1 592,95	188,2		1 545,32	194,0	
1 592,10	188,3	188,3	1 544,53	194,1	194,1
1 591,26	188,4		1 543,73	194,2	

Approximate nominal central wavelengths nm	Nominal central frequencies in THz for spacings of	
	100 GHz	200 GHz
1 590,41	188,5	188,5
1 589,57	188,6	
1 588,73	188,7	188,7
1 587,88	188,8	
1 587,04	188,9	188,9
1 586,20	189,0	
1 585,36	189,1	189,1
1 584,53	189,2	
1 583,69	189,3	189,3
1 582,85	189,4	
1 582,02	189,5	189,5
1 581,18	189,6	
1 580,35	189,7	189,7
1 579,52	189,8	
1 578,69	189,9	189,9
1 577,86	190,0	
1 577,03	190,1	190,1

Approximate nominal central wavelengths nm	Nominal central frequencies in THz for spacings of	
	100 GHz	200 GHz
1 542,94	194,3	194,3
1 542,14	194,4	
1 541,35	194,5	194,5
1 540,56	194,6	
1 539,77	194,7	194,7
1 538,98	194,8	
1 538,19	194,9	194,9
1 537,40	195,0	
1 536,61	195,1	195,1
1 535,82	195,2	
1 535,04	195,3	195,3
1 534,25	195,4	
1 533,47	195,5	195,5
1 532,68	195,6	
1 531,90	195,7	195,7
1 531,12	195,8	
1 530,33	195,9	195,9

b) CWDM case

The wavelengths to be used are defined in ITU-T G.694.2 (see Table B.2)

Table B.2 – Nominal central wavelength for spacing of 20 nm (ITU-T G.694.2)

Wavelength of laser diode nm	Nominal central wavelengths for spacing of 20 nm nm	Channel spacing nm
1 530 band	1 531	1 524,5 to 1 537,5
1 550 band	1 551	1 544,5 to 1 557,5
1 570 band	1 571	1 564,5 to 1 577,5
1 590 band	1 591	1 584,5 to 1 597,5
1 610 band	1 611	1 604,5 to 1 617,5

B.3 Notes regarding wavelength division multiplexing

B.3.1 Crosstalk between two wavelengths

When multiple wavelength signals are transmitted in a single fibre, crosstalk is generated. It is classified into linear and non-linear type.

a) Linear cross talk

Linear crosstalk is caused by the insufficient wavelength separation of the WDM filter. The residual frequency component of other wavelength signals appear at the receiving side due to the insufficient isolation (see Figure B.1).

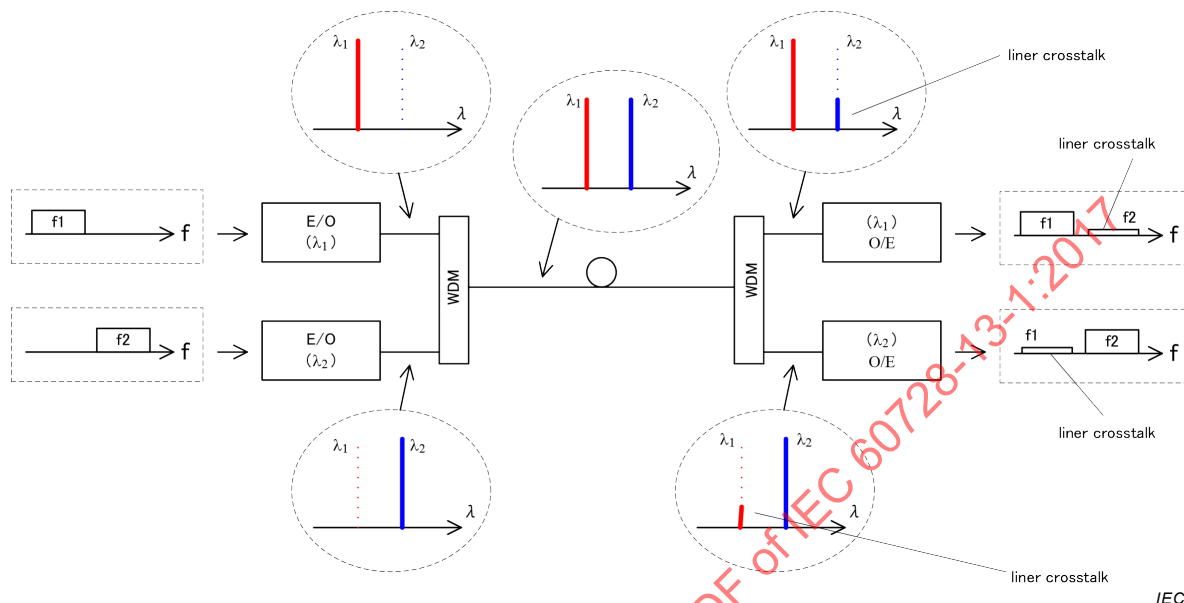


Figure B.1 – Linear crosstalk between two wavelengths

b) Non-linear cross talk

The typical non-linear crosstalk is Raman crosstalk which appears in the fibre itself. SRS (stimulated Raman scattering) is the cause of this Raman crosstalk. Raman crosstalk is the worst when the wavelength spacing is 13 THz (100 nm) as shown in Figure B.2. It is not possible to remove the residual frequency component of other wavelengths by the wavelength separation filter as shown in Figure B.3. XPM (cross-phase modulation) is another cause of non-linear crosstalk between different wavelength signals. The interference level may become significant in the case of high frequency usage (or small $\Delta\lambda$ wavelength separation) as shown in Figure B.4. However it is generally negligibly small for the FTTH system described in this document where different frequencies below and above 1 GHz are used.

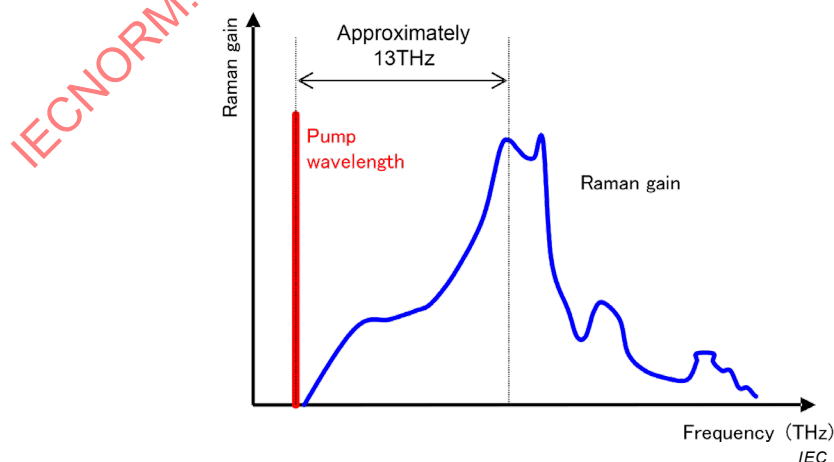


Figure B.2 – Wavelength dependency of Raman crosstalk

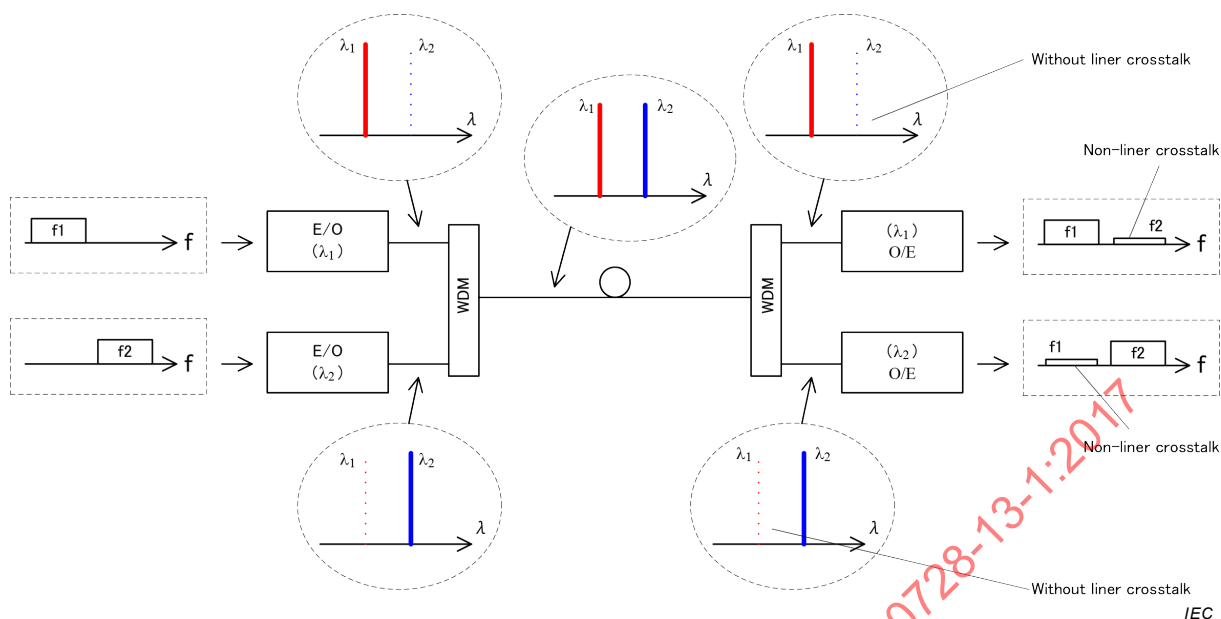


Figure B.3 – Nonlinear crosstalk between two wavelengths

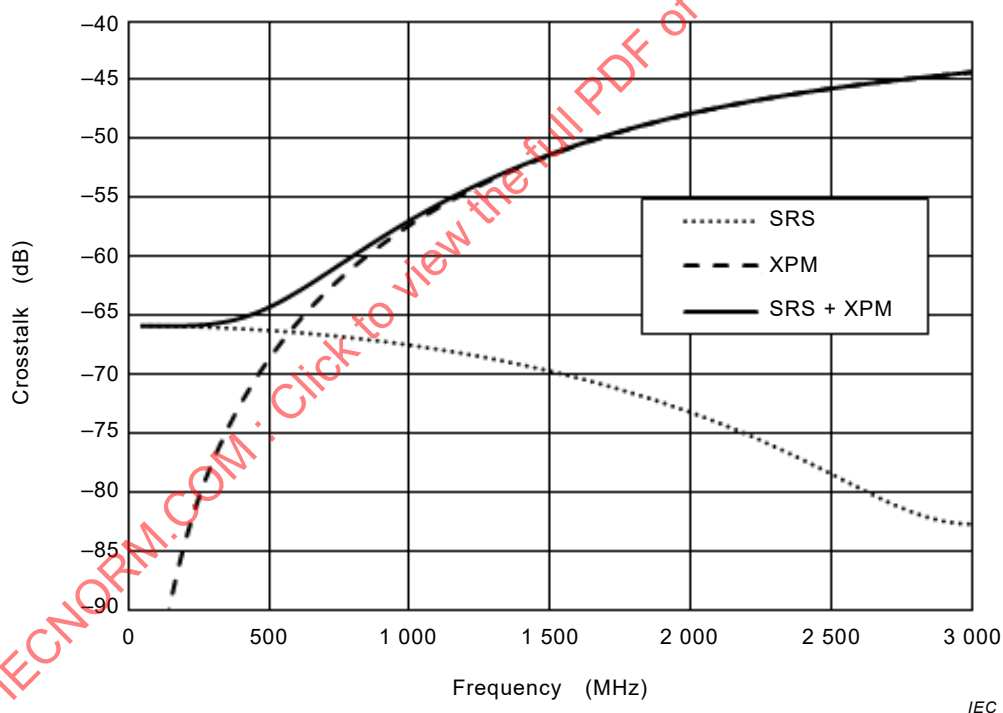


Figure B.4 – Frequency dependency of cross-phase modulation

(Under the condition of wavelength $\lambda_1 = 1\,555,00\text{ nm}$, $\lambda_2 = 1\,554,00\text{ nm}$, fibre length = 20 km and optical input power to fibre = 10 dB(mW))

B.3.2 Receiving two wavelengths by single V-ONU

When optical signals on the different two wavelengths are received by single V-ONU, the level difference of two RF signals (ΔC in dB) can be described as follows:

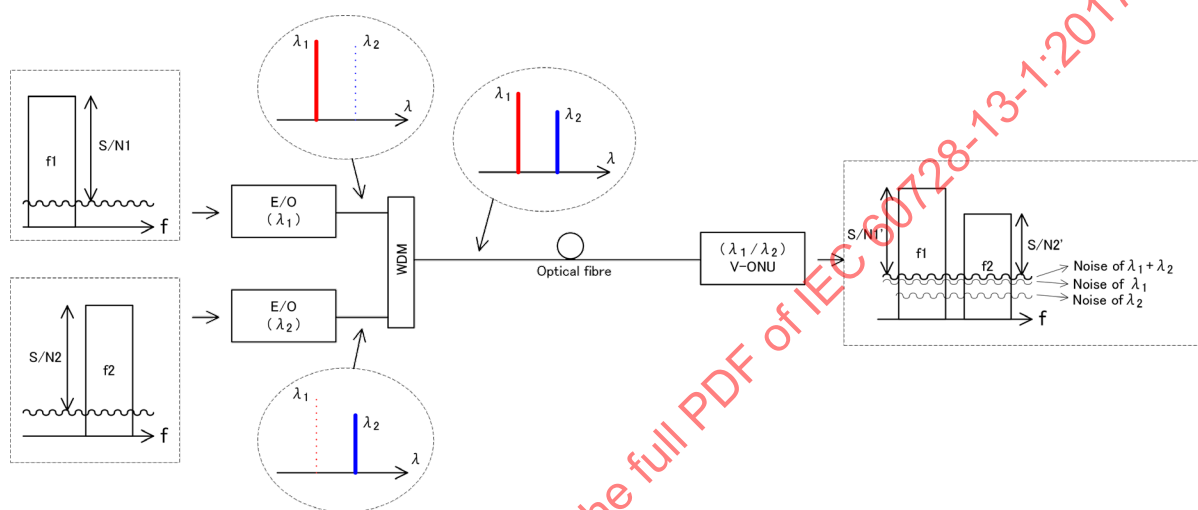
$$\Delta C = 2 \cdot 10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right) + 20 \cdot \lg\left(\frac{OMI_2}{OMI_1}\right) \text{ in dB} \quad (\text{B.1})$$

where

OMI_k is the optical modulation index of the k^{th} wavelength

P_k is the optical input level of the k^{th} wavelength

Figure B.5 shows the S/N degradation when optical signals on two wavelengths are received by one V-ONU. The noise of each optical carrier is accumulated and additional noise is generated by mutual interference between λ_1 and λ_2 . The calculation method of the total S/N is described in 6.5.5.



IEC

Figure B.5 – S/N degradation (two wavelengths into one V-ONU case)

Annex C (informative)

Minimum wavelength separation

C.1 Optical beat interference

When signals of two wavelengths are received by a single optical receiver, an optical beat interference component called beat noise ($RIN_{\Delta\lambda}$) will be generated at a frequency centered around the difference of both wavelengths (frequencies). The centre frequency, f_{beat} of the optical beat noise is given by Equation (C.1).

$$f_{\text{beat}} = \frac{c|\lambda_i - \lambda_{i+1}|}{\lambda_i \cdot \lambda_{i+1}} \quad (\text{C.1})$$

where

c is the velocity of light in vacuum, $2,997\,924\,58 \times 10^8$ m/s

Also, the optical beat noise ($RIN_{\Delta\lambda}$) can be expressed using Equation (C.2).

$$RIN_{\Delta\lambda} = 10 \lg \left\{ \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\Delta\nu}{(\Delta F - f)^2 + \Delta\nu} \right\} \text{ in dB} \quad (\text{C.2})$$

where

ΔF is the frequency equivalent of the wavelength difference

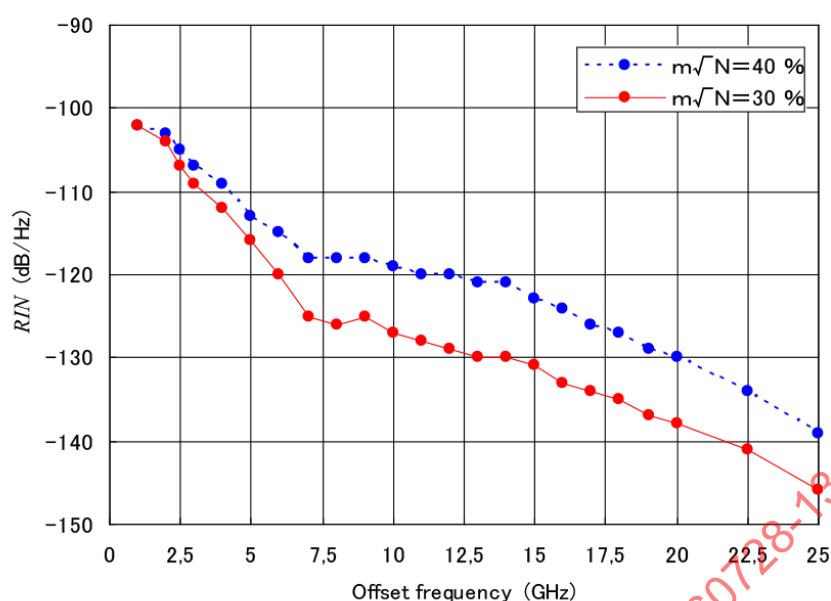
$\Delta\nu$ is the spectral width of the optical signal

f is any frequency for RIN calculation

In Figure C.1 experimental results of RIN degradation due to optical beat are plotted against the offset frequency (difference between centre frequency of optical beat and RF frequency transmitted through the optical signal). For example, if the optical signal is modulated by an RF frequency of 2,5 GHz (assuming the total optical modulation index is 30 %), and if the required RIN is -140 dB(Hz⁻¹), then the centre frequency of beat noise should be

$$f_{\text{beat}} \geq 25 \text{ GHz} \quad (\text{C.3})$$

25 GHz corresponds to 0,20 nm in the 1 550 nm band. Therefore, it is sufficient that the two wavelengths are separated by at least 0,20 nm to avoid the effect of noise due to optical beat interference. However, in a large scale FTTH system such as satellite signal transmission, the required RIN value is less than -150 dB(Hz⁻¹). In this case, the minimum required wavelength separation including allowance is 0,3 nm. In actual DWDM wavelengths systems (like ITU-T 100 GHz grid), the wavelength separation will be approximately 0,8 nm and there is no need to consider the optical beat interference. Similarly, in case of CWDM wavelength systems, the wavelength separation will be 20 nm and again there is no need to take into account the optical beat interference.



IEC

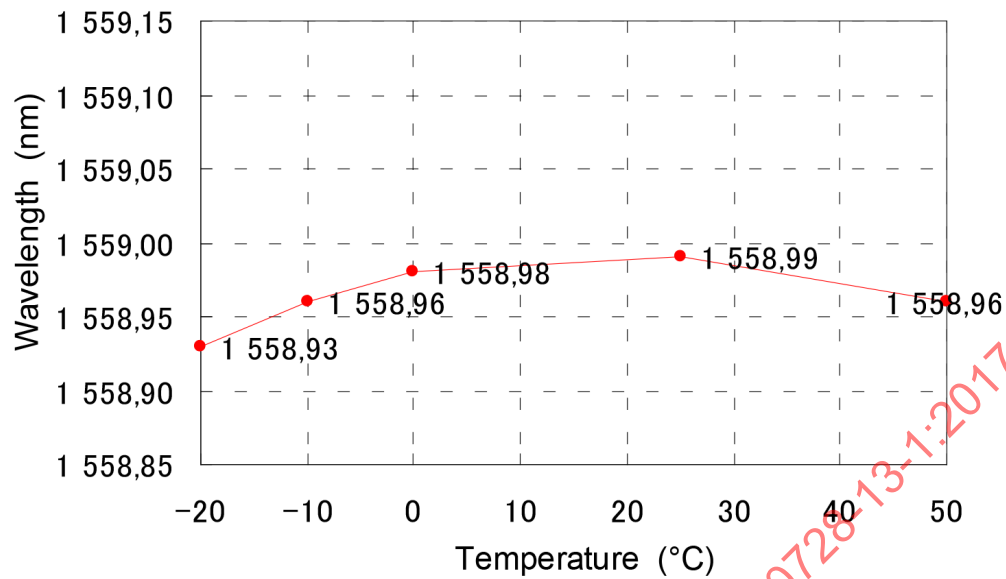
Figure C.1 – Experimental results of R/N degradation due to optical beat

Other types of optical WDM systems may contain transmitters with automatic temperature control (ATC) function. A 100 GHz ITU-T grid system requires a minimum wavelength separation between the multiplexed optical signals of at least 0,8 nm. In order to meet this requirement the assumed wavelength variation is 0,2 nm for ATC circuit, 0,3 nm for long-term usage and 0,3 nm for general tolerance in actual systems.

C.2 Range of wavelength variation

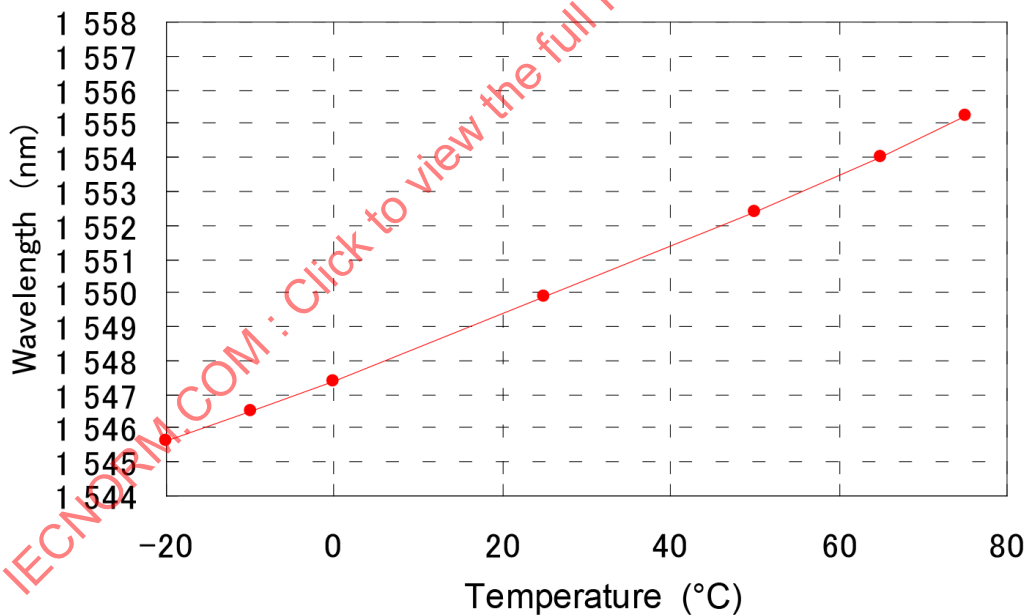
Optical transmitters may contain ATC circuits to control the variation of optical wavelength against temperature. DWDM transmitters usually have an ATC to minimize the wavelength variation. However, typical CWDM transmitters do not employ ATC, as a result the wavelength may shift by 0,1 nm to the longer (or shorter) wavelength side if the temperature increases (or decreases) by 1 °C.

Experimental results on the variation of the optical wavelength of a DWDM transmitter are shown in Figure C.2, and for a CWDM transmitter, in Figure C.3.



IEC

Figure C.2 – Wavelength variation of a DWDM transmitter against ambient temperature

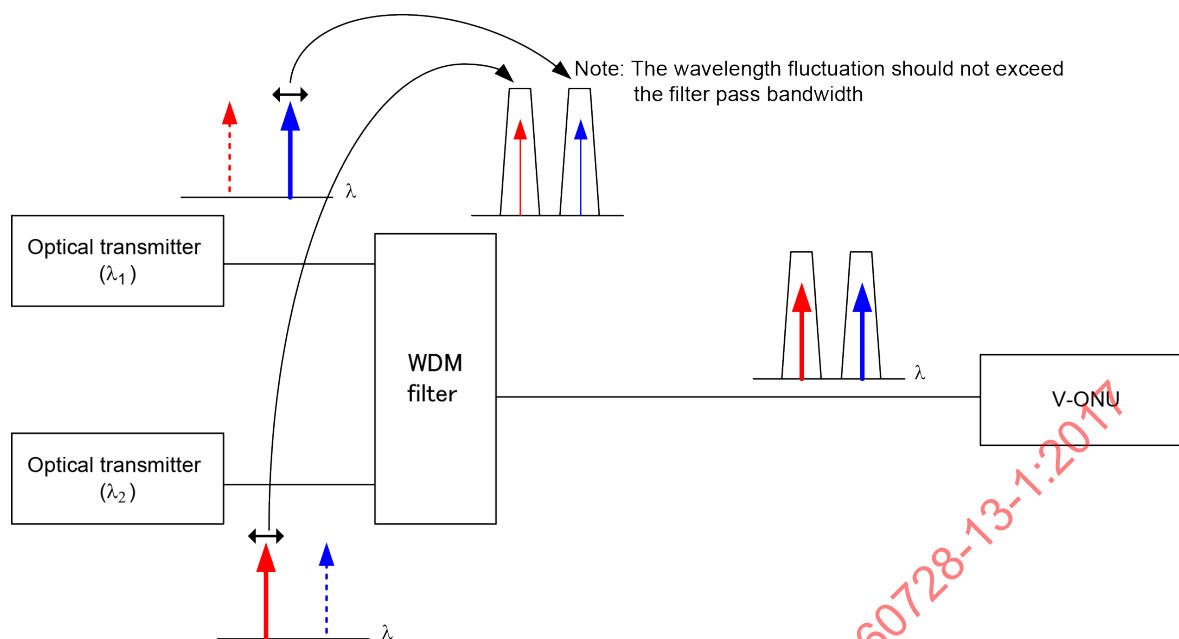


IEC

Figure C.3 – Wavelength variation of a CWDM transmitter against ambient temperature

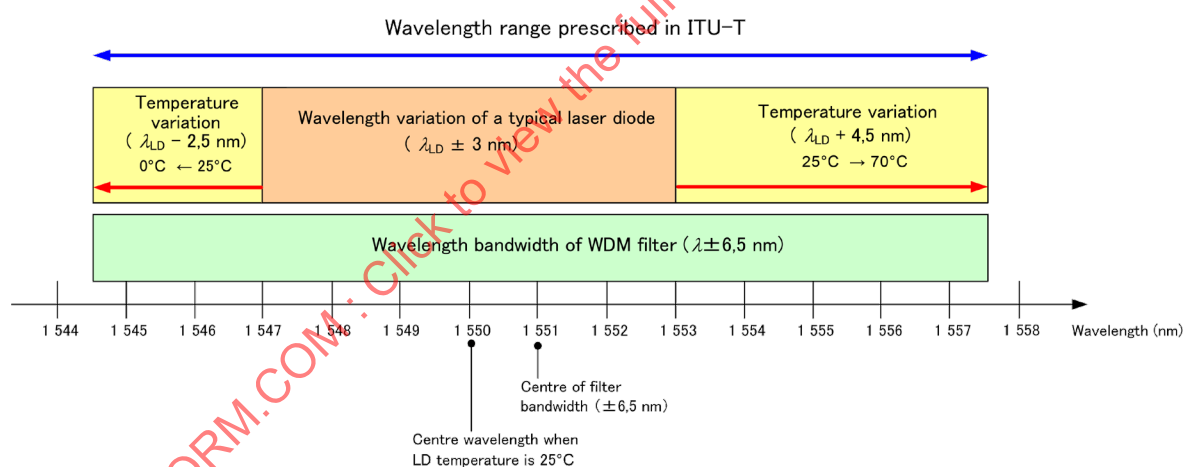
C.3 WDM system using optical filters and couplers

WDM systems can be designed with WDM filter or optical coupler. For WDM systems with WDM filter, care should be taken that the wavelength variation does not exceed the pass bandwidth of the WDM filter, as illustrated in Figure C.4. Figure C.5 shows a CWDM filter design taking into account temperature and LD wavelength variation. Figure C.6 shows an example of a wavelength division multiplex system using an optical coupler. It is noted that the wavelength separation shall be kept in at least 0,3 nm.



IEC

Figure C.4 – Example of wavelength division multiplexing using WDM filter



IEC

Figure C.5 – Example of CWDM filter design

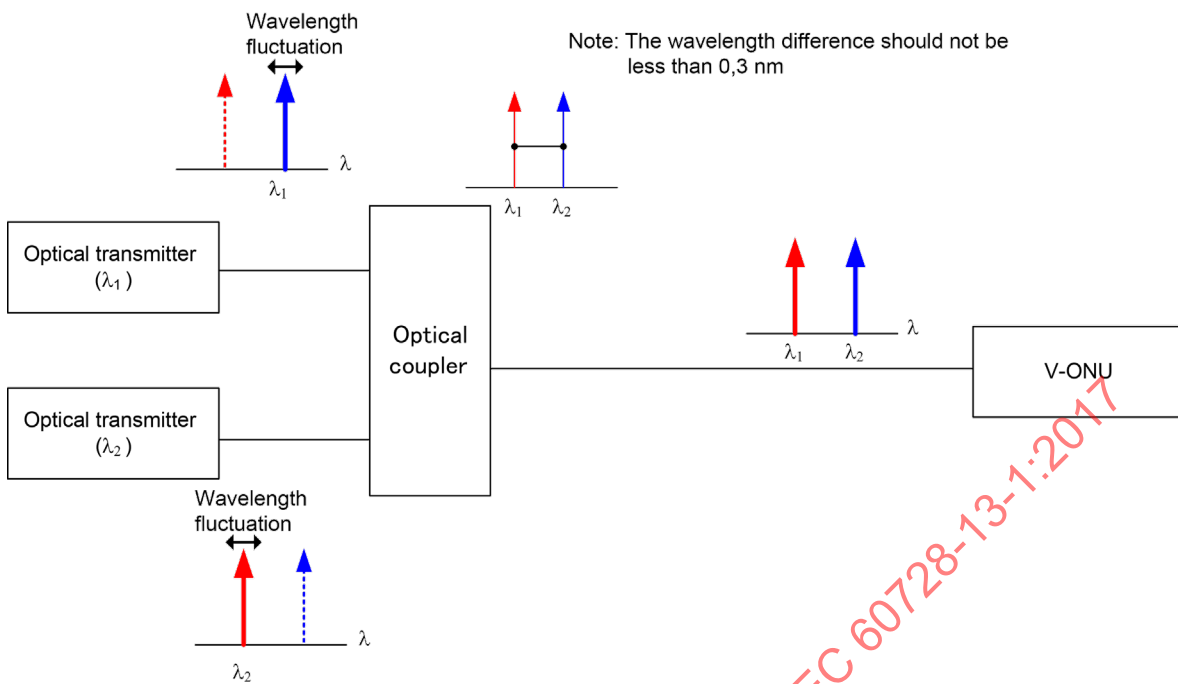


Figure C.6 – Example of wavelength division multiplexing using optical coupler

Annex D (informative)

Relation between S/N degradation and rain attenuation

The ratio of antenna aerial gain to the noise temperature of a receiving system, G/T is related to S/N by the following expression:

$$G/T = \left[\frac{S/N \cdot K \cdot B}{EIRP \cdot L_S \cdot R \cdot N_U} \right] \quad (D.1)$$

S/N is given by

$$S/N = \left[\frac{G/T \cdot EIRP \cdot L_S \cdot R \cdot N_U}{K \cdot B} \right] \quad (D.2)$$

where

- K is Boltzmann's constant
- B is the channel bandwidth
- $EIRP$ is the equivalent isotropically radiated power
- L_S is the propagation loss in the free space
- R is the rain attenuation
- N_U is the receiving S/N degradation due to uplink S/N

G/T can be expressed by the following expression.

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

where

- α is the coupling loss
- β is the pointing loss
- G_r is the gain of the receiving antenna
- T_a is the noise temperature of the receiving antenna
- T_0 is the reference temperature
- F is the noise figure of the receiving system

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

$$S/N \text{ degradation} = S/N_1 - S/N_2 =$$

$$10 \lg \left[\frac{G/T_1 \cdot EIRP \cdot L_S \cdot N_U}{K \cdot B} \right] - 10 \lg \left[\frac{G/T_2 \cdot EIRP \cdot L_S \cdot R \cdot N_U}{K \cdot B} \right] =$$

$$10 \lg[G/T_1] - 10 \lg[G/T_2] - 10 \lg[R] =$$

$$10 \lg \left[\frac{\alpha \cdot T_{a2} + (F - \alpha) \cdot T_0}{\alpha \cdot T_{a1} + (F - \alpha) \cdot T_0} \right] - 10 \lg [R] [\text{dB}] \quad (\text{D.4})$$

where

S/N_1 is the S/N value during clear weather

S/N_2 is the S/N value during rainy weather

G/T_1 is the G/T value during clear weather

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.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-13-1:2017

Bibliography

IEC 60050-191:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-702:1992, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-721:1991, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 721: Telegraphy, facsimile and data communication* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre Communication* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 60728-1-1, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 1-1: RF cabling for two-way home networks*

IEC 60728-1-2:2014, *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 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 (OFCS)*

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

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

IEC 61280-2-2, *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*

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

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

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

IEC 61291-1:2012, *Optical amplifiers – Part 1: Generic specification*

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 61300-3-2, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-2: Examination and measurements – Polarization dependent loss in a single-mode fibre optic device*

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

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

IEC TR 61930, *Fibre optic graphical symbology*

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

ITU-R Recommendation BT.470-7, *Conventional analogue television systems*

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

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

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

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

ETSI 300019-1-4, *Equipment Engineering (EE); Environmental conditions and environmental test for telecommunications equipment – Part 1-4: Classification of environmental conditions Stationary use at non-weatherprotected locations*

ETSI EN 302307, *Digital Video Broadcasting (DVB): Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-13-1:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	67
INTRODUCTION.....	69
1 Domaine d'application	70
2 Références normatives	70
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	71
3.1 Termes et définitions	71
3.2 Symboles	78
3.3 Termes abrégés	80
4 Présentation générale	82
5 Modèle de référence du système optique.....	83
6 Préparation de la mesure	85
6.1 Conditions environnementales	85
6.1.1 Conditions normales de mesure.....	85
6.1.2 Conditions normales d'exploitation.....	86
6.1.3 Signal normal et équipement de mesure	86
6.2 Précision de l'équipement de mesure	86
6.3 Puissance de la source	86
7 Méthodes de mesurage	86
7.1 Points de mesure	86
7.2 Paramètres de mesure	87
7.3 Puissance optique	88
7.4 Longueur d'onde optique.....	88
7.5 Niveau du signal et rapport signal sur bruit	89
7.5.1 Généralités	89
7.5.2 Montage de mesure	89
7.5.3 Conditions de mesure	90
7.5.4 Méthode de mesure des signaux xPSK.....	90
7.5.5 Présentation des résultats	90
7.6 <i>RIN</i> et rapport signal sur bruit	90
7.6.1 Généralités	90
7.6.2 Points de mesure et montage de mesure	91
7.6.3 Conditions de mesure	92
7.6.4 Méthode de mesure de la <i>RIN</i> du système	92
7.6.5 Calcul du rapport <i>S/N</i> en fonction de la valeur de la <i>RIN</i>	94
7.6.6 Calcul de la <i>RIN</i> des composants.....	95
7.7 Indice de modulation optique	96
7.8 Rapport signal sur diaphonie (<i>SCR</i>).....	96
8 Spécification du système optique pour la transmission de signaux de diffusion.....	96
8.1 Système de diffusion numérique par réseau optique	96
8.2 Systèmes de télévision internationaux	97
8.3 Relation entre la <i>RIN</i> et le <i>S/N</i>	98
8.4 Longueur d'onde optique.....	100
8.5 Fréquence de la source de signal	101
8.6 Spécification du système optique pour la transmission de signaux par satellite	101

8.7	Spécification du rapport S/N pour le câblage interne des maisons et des immeubles	102
8.8	Diaphonie du fait de la non-linéarité de la fibre optique	104
8.9	Niveau d'interférence monofréquence du fait de la non-linéarité de la fibre	104
8.10	Conditions environnementales	105
Annexe A (informative) Considérations sur les systèmes de services réels et la conception		106
A.1	Généralités	106
A.2	CATV de type métropolitain	106
A.3	CATV de type municipal	107
A.4	CATV de type faible réception des signaux	108
A.5	Modèle de référence du système	109
A.5.1	Paramètres du système	109
A.5.2	Environnement d'utilisation	111
A.6	Lignes directrices pour le fonctionnement réel	130
A.6.1	Emetteur optique	130
A.6.2	Amplificateur optique	130
Annexe B (informative) Multiplexage par répartition en longueur d'onde		131
B.1	Grille de longueurs d'onde optiques (grille de fréquences optiques)	131
B.2	Fréquences et longueurs d'onde centrales nominales	131
B.3	Notes concernant le multiplexage par répartition en longueur d'onde	134
B.3.1	Diaphonie entre deux longueurs d'onde	134
B.3.2	Réception de deux longueurs d'onde par un seul V-ONU	136
Annexe C (informative) Séparation minimale des longueurs d'onde		138
C.1	Interférence de battement optique	138
C.2	Plage de variation de la longueur d'onde	139
C.3	Système MRL qui utilise des filtres optiques et des coupleurs	141
Annexe D (informative) Relation entre la dégradation du rapport S/N et l'affaiblissement dû à la pluie		144
Bibliographie		146
Figure 1 – Système DFA de TV par câble qui utilise une longueur d'onde		83
Figure 2 – Système DFA de TV par câble qui utilise deux longueurs d'onde		84
Figure 3 – Points de performance spécifiés du système optique		85
Figure 4 – Points de mesure dans un système type de distribution de signaux vidéo		87
Figure 5 – Mesure de la longueur d'onde optique		89
Figure 6 – Mesure du niveau du signal et du rapport signal sur bruit		90
Figure 7 – Points de mesure dans un système DFA type		91
Figure 8 – Montage de mesure de la R/N		92
Figure 9 – Attribution des performances et points de mesure		97
Figure 10 – Spécification du rapport S/N de section (38 dB) pour le câblage interne de la maison		103
Figure 11 – Spécification du rapport S/N de section (24 dB) pour le câblage interne de l'immeuble (en cas de distribution par câble coaxial après le V-ONU)		104
Figure A.1 – Exemple de système de service multivoie d'un million de terminaux		107
Figure A.2 – Exemple de système de service multivoie avec 2 000 terminaux		107
Figure A.3 – Exemple de système de service multivoie avec un service CS supplémentaire pour 2 000 terminaux		108

Figure A.4 – Exemple de système de service de retransmission avec 72 terminaux	109
Figure A.5 – Exemple de système de service de retransmission avec 144 terminaux	109
Figure A.6 – Calcul des performances du système pour le modèle A	114
Figure A.7 – Calcul des performances du système pour le modèle B	117
Figure A.8 – Calcul des performances du système pour le modèle C	120
Figure A.9 – Calcul des performances du système pour le modèle D	123
Figure A.10 – Calcul des performances du système pour le modèle E	126
Figure A.11 – Calcul des performances du système pour le modèle F	129
Figure B.1 – Diaphonie linéaire entre deux longueurs d'ondes	134
Figure B.2 – Dépendance des longueurs d'onde de la diaphonie de Raman	135
Figure B.3 – Diaphonie non linéaire entre deux longueurs d'ondes	135
Figure B.4 – Dépendance des fréquences de la modulation de phase croisée	136
Figure B.5 – Dégradation du rapport S/N (deux longueurs d'onde dans un V-ONU)	137
Figure C.1 – Résultats d'expériences sur la dégradation de la RIN due aux battements optiques	139
Figure C.2 – Variation de la longueur d'onde d'un émetteur DWDM par rapport à la température ambiante	140
Figure C.3 – Variation de la longueur d'onde d'un émetteur CWDM par rapport à la température ambiante	140
Figure C.4 – Exemple de multiplexage par répartition en longueur d'onde qui utilise un filtre MRL	141
Figure C.5 – Exemple de conception de filtre CWDM	142
Figure C.6 – Exemple de multiplexage par répartition en longueur d'onde qui utilise un coupleur optique	143
Tableau 1 – Niveau des signaux RF	76
Tableau 2 – Instruments de mesure	86
Tableau 3 – Points de mesure et paramètres mesurés	88
Tableau 4 – Paramètres utilisés pour calculer le rapport S/N lorsque des signaux de plusieurs longueurs d'onde sont reçus par un seul V-ONU	95
Tableau 5 – Exigences minimales concernant le rapport signal sur bruit en RF, en fonctionnement	98
Tableau 6 – Types de services de diffusion	99
Tableau 7 – Types de services et valeurs minimales de RIN en fonctionnement pour les services par satellite	100
Tableau 8 – Performances de longueur d'onde et de puissance optiques	101
Tableau 9 – Spécification du système optique	102
Tableau 10 – Spécification du rapport S/N de section pour le câblage interne de la maison/l'immeuble	102
Tableau 11 – Niveau d'interférence du fait de la non-linéarité de la fibre (interférence monofréquence)	105
Tableau A.1 – Paramètres de base du système (Japon)	110
Tableau B.1 – Exemple de fréquences centrales nominales pour la grille DWDM	132
Tableau B.2 – Longueur d'onde centrale nominale pour un espacement de 20 nm (UIT-T G.694.2)	133

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE DISTRIBUTION PAR CÂBLES POUR SIGNAUX
DE TÉLÉVISION, SIGNAUX DE RADIODIFFUSION
SONORE ET SERVICES INTERACTIFS –****Partie 13-1: Extension de la largeur de bande
pour les signaux de diffusion sur un système DFA**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60728-13-1 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.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- La fréquence de transmission a été étendue afin d'obtenir un signal par satellite pour le service de diffusion de vidéos 4K. La fréquence de transmission sur un système DFA serait de 3 300 MHz.
- Un boîtier de modulation des signaux à débit élevé, comme 16 APSK et 32 APSK, a été ajouté afin de s'adapter à la transmission pour le service de diffusion de vidéos 4K.

La présente version bilingue (2021-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-07.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

Le contenu du corrigendum publié en septembre 2017 a été inclus dans la présente copie.

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

INTRODUCTION

Les normes et documents à produire de la série IEC 60728 traitent des réseaux de distribution par câbles, y compris les équipements et méthodes associées de mesure pour la réception en tête de réseau, le traitement et la distribution des signaux de télévision et des 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. La transmission de ces signaux sur les réseaux repose généralement sur des techniques de multiplexage en fréquence.

Cela comprend par exemple:

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

ainsi que tous les types de matériels, systèmes et installations utilisés dans ces réseaux de distribution par câbles, et ces systèmes de distribution et de réception.

Ce travail de normalisation couvre les antennes et/ou les interfaces particulières, la tête de réseau ou autres points d'interface d'accès au réseau, ainsi que toute interface du terminal de l'équipement chez le client.

Le travail de normalisation tient compte de la coexistence d'utilisateurs du spectre de radiofréquence (RF) dans les systèmes de transmission filaires et sans fil.

La normalisation des terminaux (à savoir syntoniseurs, récepteurs, décodeurs, terminaux multimédias, etc.) et des câbles coaxiaux, à paires symétriques et optiques et leurs accessoires, en est exclue.

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

Partie 13-1: Extension de la largeur de bande pour les signaux de diffusion sur un système DFA

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60728 a pour objet la description précise d'un système DFA (desserte par fibre de l'abonné) pour étendre la transmission des signaux de diffusion à large bande depuis les services CATV uniquement, vers les services CATV, les services de diffusion par satellite (BS), les services de communication par satellite (CS), et d'autres signaux différents tels que les services de données.

Le domaine d'application est limité à la transmission des signaux RF sur les systèmes DFA.

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, *Essai d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

IEC 60728-1:2014, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 1: Performances 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 60728-13:2010, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 13: Systèmes optiques pour la transmission de signaux de diffusion*

IEC 60728-113:—, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 113: Systèmes optiques pour transmissions de signaux radiodiffusés soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques¹*

IEC 61280-1-3:2010, *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-3: Sous-systèmes généraux de télécommunication – Mesure de la longueur d'onde centrale et de la largeur spectrale*

Recommandation UIT-T G.694.1, *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueurs d'onde: grille dense DWDM*

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

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC ACDV 60728-113: 2017.

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

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

3.1.1

réseau régional de distribution par câbles à large bande

réseau conçu pour fournir des signaux de télévision et de radiodiffusion sonore ainsi que des signaux pour des services interactifs à une zone régionale, qui comprend plusieurs villes et/ou villages

3.1.2

réseau local de distribution par câbles à large bande

réseau conçu pour fournir des signaux de radiodiffusion sonore et de télévision ainsi que des signaux pour services interactifs à une zone locale (une ville ou un village, par exemple)

3.1.3

réseau ou système étendu de distribution de télévision par satellite

réseau ou système de distribution prévu pour fournir aux logements d'un ou de plusieurs bâtiments des signaux de télévision et de radiodiffusion sonore reçus par l'antenne de réception satellite

Note 1 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut être combiné à des antennes terrestres pour recevoir aussi des signaux de télévision et/ou de radio par le biais de réseaux terrestres.

Note 2 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut aussi transporter des signaux de commande pour les systèmes commutés sur satellite ou d'autres signaux pour des systèmes de transmission spécifiques (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens de la voie de retour.

3.1.4

réseau ou système étendu de distribution de télévision terrestre

réseau ou système de distribution prévu pour fournir aux logements d'un ou de plusieurs bâtiments des signaux de télévision et de radiodiffusion sonore reçus par les antennes de réception terrestre

Note 1 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut être combiné à des antennes satellites pour recevoir aussi des signaux de télévision et/ou de radio par le biais de réseaux satellites.

Note 2 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut également transporter d'autres signaux pour des systèmes de transmission spécifiques (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens de la voie de retour.

3.1.5

système de réception individuelle de télévision par satellite

système conçu pour fournir des signaux de radiodiffusion sonore et de télévision reçus d'un ou plusieurs satellites à une habitation individuelle

Note 1 à l'article: Ce type de système peut également transporter des signaux de commande pour des systèmes commutés sur satellite ou d'autres signaux pour des systèmes de transmission spécifiques (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens de la voie de retour.

3.1.6

système de réception individuelle de télévision terrestre

système conçu pour fournir des signaux de radiodiffusion sonore et de télévision reçus au moyen de réseaux de radiodiffusion terrestres à une habitation individuelle

Note 1 à l'article: Ce type de système peut également transporter d'autres signaux pour des systèmes de transmission spécifiques (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens de la voie de retour.

3.1.7

module d'émission optique

émetteur optique

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

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

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

Note 3 à l'article: La longueur d'onde et la séparation des longueurs d'onde nécessaires sont décrites aux Annexes B et C, respectivement.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.1, modifié – La Note 3 a été ajoutée.]

3.1.8

module de transmission optique

récepteur optique

récepteur fibronique qui tolère à son accès d'entrée une porteuse optique modulée et qui fournit à son accès de sortie le signal électrique démodulé correspondant (accompagné du rythme qui lui est associé 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 RF électriques.

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

3.1.9

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: Dans le présent document, l'amplificateur à fibre dopée à l'erbium (EDFA) est utilisé pour l'amplification dans la bande de 1 550 nm.

Note 2 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, 2.7.75, modifié – Les Notes 1 et 2 ont été ajoutées.]

3.1.10

dispositif de couplage en fibre optique

coupleur optique

diviseur

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

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

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.21, modifié – Le terme "diviseur" a été ajouté, le terme "dispositif de couplage en fibre optique" a été supprimé et le terme "coupleur optique" est privilégié plutôt que déconseillé.]

3.1.11 multiplexeur dispositif MRL

dispositif de couplage 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

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.51]

3.1.12 indice de modulation optique

indice de modulation optique du k^{e} signal RF, OMI_k , qui est défini comme suit

$$OMI_k = \frac{\phi_h - \phi_l}{\phi_h + \phi_l}$$

où

ϕ_h est la plus haute valeur et

ϕ_l est la plus basse valeur de puissance optique instantanée du signal optique modulé en intensité, et

k est le signal RF concerné

Note 1 à l'article: La présente définition ne s'applique pas aux systèmes où les signaux d'entrée sont convertis et transportés sous 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 du 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 ont été remplacées par une nouvelle Note 1.]

3.1.13 indice de modulation optique total

indice de modulation optique obtenu lorsque plus d'un signal RF est transmis, OMI_{tot} , et qui est défini comme suit

$$OMI_{\text{tot}} = \sqrt{\sum_{k=1}^K OMI_k^2}$$

où

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

K est le nombre total de signaux RF

3.1.14 intensité relative de bruit

RIN

rapport du carré moyen des fluctuations d'intensité dans la puissance optique d'une source lumineuse au carré de la moyenne de la puissance de sortie optique

Note 1 à l'article: La RIN est généralement exprimée en dB (Hz⁻¹) aboutissant à des valeurs négatives.

Note 2 à l'article: La valeur de la RIN peut être calculée à partir des résultats d'une mesure du rapport 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 60728-13:2010, définition 3.1.8]

3.1.15

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 60728-6, 3.1.14]

3.1.16

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.

Bien que la longueur d'onde dans un matériau diélectrique, comme les fibres, soit plus courte que dans le vide, seule la longueur d'onde de la lumière dans le vide est utilisée.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.10]

3.1.17

longueur d'onde centrale

moyenne des longueurs d'ondes qui correspond à la moitié de l'amplitude maximale de début ou de fin d'une source lumineuse

[SOURCE: IEC 60728-6:2011, 3.1.26, modifié – La modification ne s'applique qu'à la version anglaise.]

3.1.18

modulation d'amplitude en quadrature

QAM

modulation d'amplitude, par deux signaux distincts, de deux porteuses sinusoïdales 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]

3.1.19

signal QAM

signal qui utilise la modulation d'amplitude en quadrature comme méthode de modulation

3.1.20**multiplexage par répartition en fréquence orthogonale
OFDM**

le multiplexage par répartition en fréquence orthogonale est l'un des schémas de multiplexage utilisés pour le transport de signaux SDTV et HDTV en diffusion numérique

Note 1 à l'article: L'OFDM repose sur l'idée d'un multiplexage par répartition des fréquences, où chaque canal de fréquences est modulé au moyen d'une modulation plus simple, et où les fréquences et la modulation du FDM sont orthogonales, ce qui élimine quasiment les interférences entre les canaux.

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

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.14, modifié – Le terme OFDM a été spécifié et le terme "signal OFDM" a été supprimé et donné dans un nouvel article.]

3.1.21**signal OFDM**

signal qui utilise le multiplexage par répartition en fréquence orthogonale comme schéma de multiplexage

3.1.22**modulation par déplacement de phase
MDP**

modulation angulaire dans laquelle chaque état significatif d'un signal temporel discret modulant est représenté par une phase déterminée d'une oscillation sinusoïdale périodique

[SOURCE: IEC 60050-721:1991, 721-06-07, modifié – Les termes anglais privilégiés "phase shift modulation" et "phase shift signalling" ont été supprimés.]

3.1.23**signal MDP**

signal qui utilise la modulation par déplacement de phase comme méthode de modulation

3.1.24**modulation par déplacement d'amplitude et de phase
APSK**

schéma de modulation numérique qui transmet des données en modifiant, ou en modulant, l'amplitude et la phase d'un signal de référence

Note 1 à l'article: L'APSK combine la modulation par déplacement d'amplitude (MDA) et la modulation par déplacement de phase (MDP) pour augmenter le jeu de symboles.

Note 2 à l'article: L'abréviation "APSK" est dérivée du terme anglais développé correspondant "amplitude phase shift keying".

3.1.25**signal APSK**

signal qui utilise la modulation par déplacement d'amplitude et de phase comme schéma de modulation

3.1.26**niveau de signal à modulation numérique**

puissance en valeur efficace du signal dans la largeur de bande du canal (S)

Note 1 à l'article: Le niveau d'un signal numérique est la puissance électrique moyenne du signal global qui comprend chaque signal, ce n'est pas le niveau de chaque signal au sein du signal à porteuses multiples indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Niveau des signaux RF

Signal		Détection du niveau	Symbole	Remarques
Signaux à modulation numérique	Signal QAM	Valeur efficace	S	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			
	Signal xPSK ^a			
	Signal 16 APSK			
	Signal 32 APSK			
Porteuse audio FM ^b		Valeur efficace	C_{eff}	Le niveau de la porteuse est une valeur constante.
^a xPSK correspond à QPSK, 8PSK, TC8PSK, etc. ^b La radio FM n'est pas un type de signal à modulation numérique. Elle peut toutefois exister dans un système de diffusion optique à modulation numérique.				

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.

3.1.27

rapport S/N

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

Note 1 à l'article: Dans le présent document, seules les porteuses à modulation numérique sont prises en compte. S/N est uniquement utilisé pour un signal à modulation numérique qui s'exprime de la même manière que $S_{D,RF}/N$ utilisé dans l'IEC 60728-1:2014, 3.1.80.

3.1.28

rapport D/U

rapport du niveau de signal désiré, D , sur le niveau de signal non désiré, U

Note 1 à l'article: Le rapport D/U est généralement utilisé pour les interférences multifréquences comme CSO et CTB, et pour les interférences monofréquences comme SCR .

Note 2 à l'article: Le rapport D/U est exprimé en dB.

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, définition 3.1.20, modifié – Le terme "CCR" de la Note 1 a été remplacé par le terme SCR]

3.1.29

rapport d'interférence monofréquence ou multifréquence

rapport du niveau de signal désiré sur le niveau de signal non désiré

Note 1 à l'article: Le rapport du niveau de signal désiré, D (dB(μV)), sur le niveau de signal non désiré, U (dB(μV)) est donné par

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

Note 2 à l'article: Le signal désiré et le signal non désiré peuvent aussi être exprimés tous les deux en dB(mW).

Note 3 à l'article: Noter la similitude de la définition avec celle du rapport S/N .

3.1.30

terminal de ligne optique

OLT

centre de commutation-terminal relié à l'unité de réseau optique (ONU), chez le client

Note 1 à l'article: L'OLT se raccorde habituellement à l'équipement de tête de réseau.

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

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.22]

3.1.31**unité de réseau optique****ONU**

appareil situé chez le client et qui est relié au terminal de ligne optique (OLT)

Note 1 à l'article: L'ONU se raccorde habituellement à l'équipement chez le client.

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

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

terminal qui transforme le signal optique d'un système de diffusion 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".

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.24]

3.1.33**diffusion de Brillouin stimulée****SBS**

diffusion non linéaire du rayonnement optique caractérisée par un déplacement de fréquence comme dans le cas de la diffusion de Raman, mais accompagnée d'une vibration (acoustique) de fréquence plus faible du réseau cristallin moyen. La lumière est diffusée en arrière en fonction du rayonnement incident

Note 1 à l'article: Dans les fibres de silice, le changement de longueurs d'onde se situe généralement à environ 10 GHz.

Note 2 à l'article: La DBS provoque une perte de niveau optique et affecte les performances du système optique analogique.

Note 3 à l'article: Le déplacement de fréquence est caractérisé par une diminution de la fréquence (c'est-à-dire à une longueur d'onde plus importante) due à une vibration acoustique de fréquence en GHz (la diminution de fréquence est de 10 GHz ou 11 GHz, et la largeur de bande en gain est de 20 MHz).

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

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.25]

3.1.34**diffusion de Raman stimulée****SRS**

diffusion non linéaire du rayonnement optique caractérisée par un changement de longueur d'onde et accompagnée d'une vibration de fréquence très élevée du réseau cristallin moyen, largement activée par la présence d'un rayonnement déjà diffusé

Note 1 à l'article: Dans les fibres de silice, le changement d'onde se situe approximativement à 100 nm pour un rayonnement optique exciteur d'une longueur d'onde d'environ 1 550 nm.

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

Note 3 à l'article: La diminution de la fréquence est d'environ 13 THz et la largeur de bande en gain d'environ 20 GHz.

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

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.27]

3.1.35

modulation de phase croisée

XPM

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

Note 1 à l'article: Elle a un rapport avec l'intervalle de longueur d'onde dans un système de transmission optique. Plus l'intervalle augmente, plus la valeur XPM diminue. Du fait de cette relation, dans un tel système MRL présentant des longueurs d'onde de 1 490 nm (signal de communication) et 1 550 nm (signal de diffusion), la XPM devient négligeable par rapport à la SRS.

Note 2 à l'article: La XPM affecte 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".

[SOURCE: IEC 60728-13:2010, 3.1.28, modifié – La définition a été améliorée.]

3.1.36

rapport signal sur diaphonie

SCR

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

$$SCR = D_{CATV} - U_{AutreService}$$

où

D_{CATV} est le niveau nominal d'un signal de diffusion CATV en dB(μV) à un accès de sortie RF d'un récepteur optique de diffusion CATV

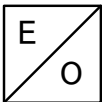
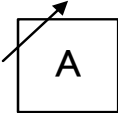
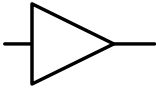
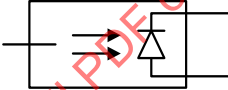
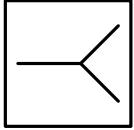
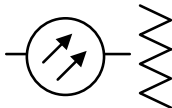
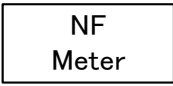
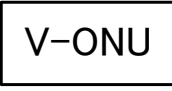
$U_{AutreService}$ est le niveau de diaphonie sur une fréquence provoqué par un autre service, en dB(μV), dans la largeur de bande du signal de mesure, à un accès de sortie RF d'un récepteur optique de diffusion CATV, dans le scénario le plus défavorable. La valeur de $U_{AutreService}$ est principalement due à l'effet de la diffusion de Raman provoqué par d'autres services, par exemple xPON

Note 1 à l'article: Le SCR est exprimé en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SCR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "signal to crosstalk ratio".

3.2 Symboles

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.

	Emetteur optique selon [IEC 60617-S00213 (2001-07)]		Amplificateur optique selon [IEC 60617-S01239 (2001-07)]
	Fibre optique [IEC 60617-S01318 (2001-07)]		Affaiblisseur variable [IEC 60617-S01245, modifiée (2001-07)]
	Récepteur optique selon [IEC 60617-S00213 (2001-07)]		Mesureur de puissance [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Analyseur de spectre électrique selon [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]		Amplificateur [IEC 60617-S01239 (2001-07)]
	Ampèremètre selon [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)-]		Photodiode avec fibre optique amorcée [IEC 60617-S01327 (2001-07)]
	Coupleur [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S01188 (2001-07)]		Filtre optique
	Terminaison optique [IEC 60617-S01389, IEC 60617-S01318 (2001-07)]		Mesureur de facteur de bruit
	Diviseur optique selon [IEC TR 61930:1998, 3.33.1]		Poste de télévision
	Unité de réseau optique-vidéo		filtre MRL

3.3 Termes abrégés

AGC	automatic gain control (commande automatique de gain)	AM	amplitude modulation (modulation d'amplitude)
APSK	modulation par déplacement d'amplitude et de phase	APC	angled physical contact optical connector (connecteur optique par contact physique d'angle)
ATC	automatic temperature control (commande automatique de température)	TEB	taux d'erreur binaire
BS	broadcast satellite (diffusion par satellite)		
BS-R	broadcast satellite – right hand circular polarization (diffusion par satellite – polarisation circulaire droite)	BS-L	broadcast satellite – left hand circular polarization (diffusion par satellite – polarisation circulaire gauche)
CATV	community antenna television (télévision par antenne communautaire) (réseau)	SCR	signal to crosstalk ratio (rapport signal sur diaphonie)
COFDM	coded orthogonal frequency division multiplex (multiplexage par répartition en fréquence orthogonale codée)	CS	communication satellite (communication par satellite)
CS-L	communication satellite – left hand circular polarization (communication par satellite – polarisation circulaire gauche)	CS-R	communication satellite – right hand circular polarization (communication par satellite – polarisation circulaire droite)
CSO	composite second order (composite d'ordre deux)	CTB	composite triple beat (battement triple composite)
D/U	desired to undesired signal ratio (rapport signal désiré sur signal non désiré)	EDFA	erbium-doped fibre amplifier (amplificateur à fibre dopée à l'erbium)
E/O	émetteur optique (transducteur électrique vers optique)	DVB-C	digital video broadcasting baseline system for digital cable television (système de base de radiodiffusion vidéonumérique pour télévision numérique par câble) (ETSI EN 300 429)
DVB-C2	digital video broadcasting baseline system for digital cable television second generation (système de base de radiodiffusion vidéonumérique pour télévision numérique par câble de deuxième génération) (ETSI EN 302 769)	DVB-S	digital video broadcasting baseline system for digital satellite television (système de base de radiodiffusion vidéonumérique pour télévision 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 vidéonumérique pour télévision 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 vidéonumérique pour 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 télévision numérique terrestre de deuxième génération) (ETSI EN 302 755)	DFA	desserte par fibre de l'abonné
GEPON	gigabit ethernet passive optical network (réseau optique passif Ethernet Gigabit)	GPON	gigabit passive optical network (réseau optique passif Gigabit)
H/E	headend (tête de réseau)	HFC	hybrid fibre coaxial (fibre hybride coaxiale)
TVHD	télévision à haute définition	ISDB-C2	integrated services digital broadcasting – cable second generation (diffusion numérique à intégration de service – câble de deuxième génération)
ISDB-C	integrated services digital broadcasting – cable (diffusion numérique à intégration de service – câble)	ISDB-S	integrated services digital broadcasting – satellite (diffusion numérique à intégration de service – satellite)
ISDB-T	integrated services digital broadcasting – terrestrial (diffusion numérique à intégration de service – terrestre)	ISDB-S3	integrated services digital broadcasting – satellite third generation (diffusion numérique à intégration de service – satellite de troisième génération)
UIT-T	Union Internationale des Télécommunications – Secteur des Télécommunications	DL	diode laser
MDU	multiple dwelling unit (unité résidentielle multiple)	NF	noise figure (facteur de bruit)
O/E	récepteur optique (transducteur optique vers électrique)	OFDM	orthogonal frequency division multiplex (multiplexage par répartition orthogonale des fréquences)
OLT	optical line terminal (terminal de ligne optique)	OMI	optical modulation index (indice de modulation optique)
ONU	optical network unit (unité de réseau optique)	PD	photodiode
QAM	quadrature amplitude modulation (modulation d'amplitude en quadrature)	QPSK	quaternary phase shift keying (modulation par quadrature de phase)
RIN	relative intensity noise (intensité relative de bruit)	RBW	resolution bandwidth (largeur de bande de résolution)
RF	radiofréquence	SBS	stimulated Brillouin scattering (diffusion de Brillouin stimulée)
SCM	single carrier modulation (modulation à une seule porteuse)	SDTV	standard definition television (télévision à définition normalisée)
SDU	single dwelling unit (unité résidentielle unique)	SMF	single mode fibre (fibre monomodale)

S/N	signal-to-noise ratio (rapport signal sur bruit)	SPM	self-phase modulation (automodulation de phase)
SRS	stimulated Raman scattering (diffusion de Raman stimulée)	TC8PSK	trellis coded 8-phase sift keying (modulation par déplacement de phase à 8 états avec codage en treillis)
TV	télévision	UHD	ultra haute définition
VBW	video bandwidth (largeur de bande vidéo)	V-ONU	video optical network unit (unité de réseau optique-vidéo)
MRL	multiplexage par répartition en longueur d'onde	XPM	modulation de phase croisée
xPSK	x-phase shift keying (modulation par déplacement de x phase) "x" = 4, 8, TC8, etc.		

4 Présentation générale

Le présent document décrit la méthode de transfert des signaux de diffusion par satellite sur le système DFA qui utilise la transmission AM-FDM (SCM). Pour un système DFA au-dessous de 1 GHz, consulter l'IEC 60728-13 ou l'IEC 60728-113. Le présent document contient les descriptions des méthodes de mesure et des spécifications pour les systèmes optiques de multiplexage par répartition en longueur d'onde et les systèmes de modulation xPSK (QPSK, 8PSK, TC8PSK) et 16 APSK. Etant donné qu'il spécifie la transmission en aval des signaux vidéo, le système de transmission optique bidirectionnelle n'entre pas dans le domaine d'application du présent document. Le présent document s'applique aux systèmes DFA de transmission de signaux de diffusion à large bande qui transmettent des signaux de diffusion par satellite au moyen d'une ou de plusieurs longueurs d'onde optiques. Il permet aux opérateurs de réseau câblé/par satellite d'étendre leurs services à large bande afin d'éviter les interférences entre les longueurs d'onde optiques, sur la base des technologies dont la description est prévue dans l'IEC 60728-113.

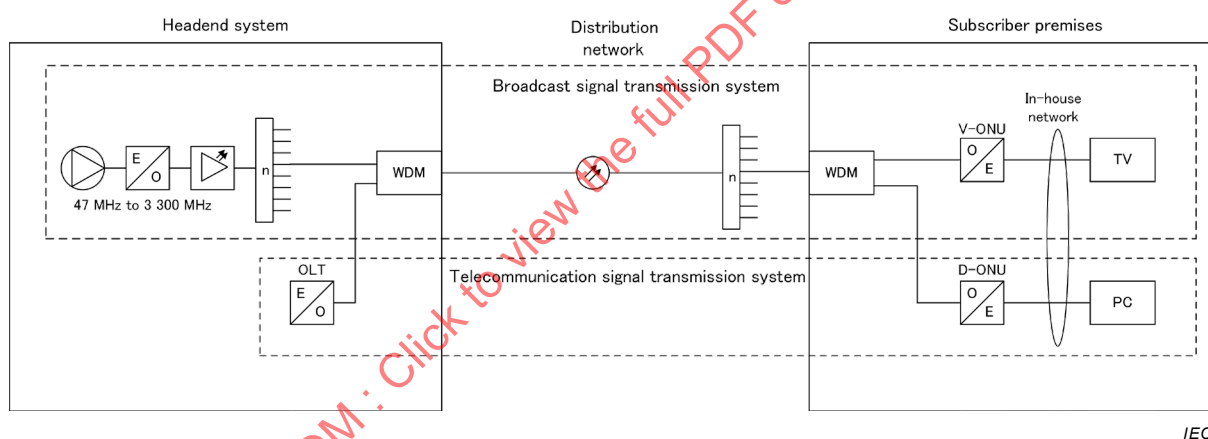
Le présent document comprend également des descriptions techniques de nouveaux signaux de transmission, comme le contenu vidéo 4K, qui exigent une extension de largeur de bande plus importante que le système décrit dans l'édition précédente du présent document. De plus, il est admis par hypothèse que le contenu vidéo 4K original et d'autres nouveaux services prévus à l'avenir (8K, hologramme en 3D et/ou vidéo à la demande (VOD), par exemple) seront transmis sur les plateformes câblées par liaison satellite.

L'Annexe A informative décrit la composition du système et fournit un modèle de système sur la base du présent document. L'Annexe B décrit les concepts de base du multiplexage optique par répartition en longueur d'onde et ajoute des notes concernant la configuration du système. L'Annexe C fournit la séparation minimale des longueurs d'onde et l'Annexe D explique la relation entre la dégradation du rapport S/N et l'affaiblissement dû à la pluie.

5 Modèle de référence du système optique

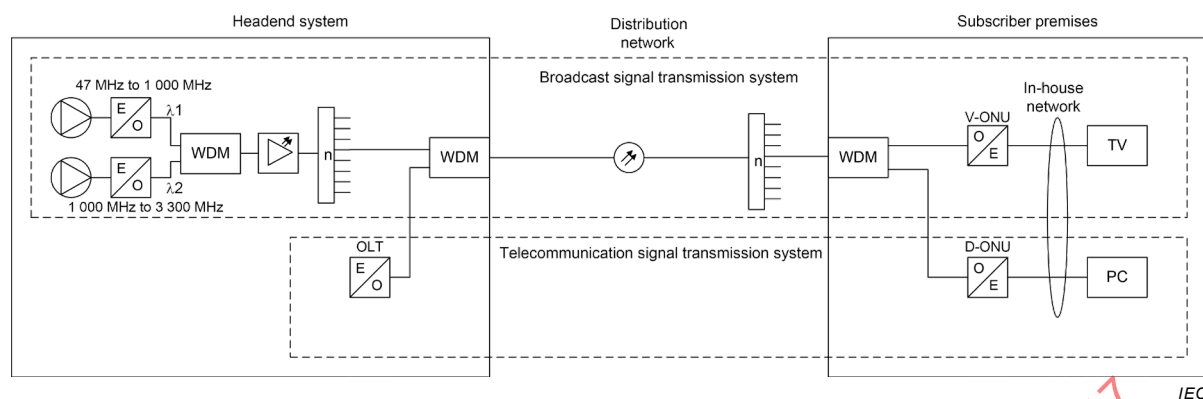
Le présent article spécifie une extension de la largeur de bande pour les systèmes décrits dans l'IEC 60728-13 et l'IEC 60728-113. L'extension comporte une méthode de conversion qui transfère les signaux de diffusion vers les signaux optiques en utilisant un seul émetteur optique avec largeur de bande étendue dans un système à une seule longueur d'onde, ou en augmentant la largeur de bande au moyen d'un deuxième émetteur optique (c'est-à-dire, un système à deux longueurs d'onde). Les options suivantes sont disponibles pour la migration à partir du système d'origine:

- un système DFA de TV par câble qui utilise une longueur d'onde, comme représenté à la Figure 1;
- un système DFA de TV par câble qui utilise deux longueurs d'onde, comme représenté à la Figure 2;
- dans le cas d'une transmission par fibre optique séparée des signaux de diffusion et de communication, il convient de retirer le filtre MRL représenté à la Figure 1 ou à la Figure 2, et il convient que le système utilise des fibres distinctes pour chaque signal;
- il convient que le système à deux longueurs d'onde (Figure 2) comporte deux émetteurs optiques et reçoive les signaux à deux longueurs d'onde (λ_1 , λ_2) avec un seul récepteur. Le filtre MRL côté réception n'est pas nécessaire pour la séparation des signaux λ_1 et λ_2 . Il est toutefois nécessaire côté réception pour la séparation des signaux de diffusion et de communication.



Anglais	Français
Headend system	Système de tête de réseau
47 MHz to 3 300 MHz	47 MHz à 3 300 MHz
WDM	MRL
Distribution network	Réseau de distribution
Broadcast signal transmission system	Système de transmission du signal de diffusion
Telecommunication transmission system	Système de transmission du signal de télécommunication
Subscriber premises	Locaux de l'abonné
In-house network	Réseau interne

Figure 1 – Système DFA de TV par câble qui utilise une longueur d'onde

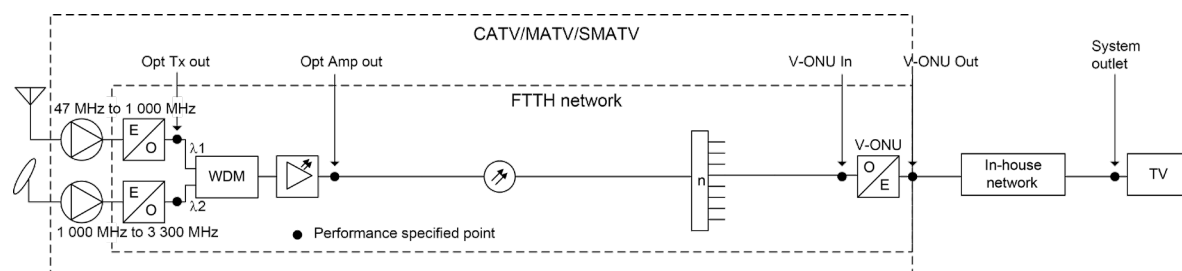


Anglais	Français
Headend system	Système de tête de réseau
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
Distribution network	Réseau de distribution
Broadcast signal transmission system	Système de transmission du signal de diffusion
Telecommunication transmission system	Système de transmission du signal de télécommunication
Subscriber premises	Locaux de l'abonné
In-house network	Réseau interne

Figure 2 – Système DFA de TV par câble qui utilise deux longueurs d'onde

Le système DFA au-dessous de 1 000 MHz est spécifié dans l'IEC 60728-13 ou l'IEC 60728-113.

La Figure 3 représente les points de performance spécifiés du système optique.



IEC

Anglais	Français
Opt Tx out	Sortie de l'émetteur optique
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
Opt Amp out	Sortie de l'amplificateur optique
Performance specified point	Point de performance spécifié
FTTH network	Réseau DFA
V-ONU In	Entrée du V-ONU
V-ONU Out	Sortie du V-ONU
System outlet	Prise d'abonné
In-house network	Réseau interne

Figure 3 – Points de performance spécifiés du système optique

6 Préparation de la mesure

6.1 Conditions environnementales

6.1.1 Conditions normales de mesure

Sauf spécification contraire, toutes les mesures doivent être réalisées dans les conditions de mesure normalisées indiquées ci-dessous:

a) Température et humidité

Le matériel de mesure doit être utilisé à une température ambiante et une humidité relative comprises respectivement entre 15 °C et 35 °C, et entre 25 % et 75 % (voir l'IEC 60068-1:2013, 4.3). Néanmoins, la spécification du matériel de mesure doit être prise en compte.

b) Mise en place du montage de mesure et du système à l'essai

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

c) Fonctionnement de l'AGC

Sauf spécification contraire, tous les équipements du système doivent être exploités en mode AGC (commande automatique de gain), si disponible.

d) Adaptation d'impédance entre les équipements

L'adaptation d'impédance entre les équipements et le montage d'essai doit faire l'objet d'une attention particulière, et un soin suffisant doit être pris pour éviter toute erreur de mesure due à l'introduction de composants comme les atténuateurs.

6.1.2 Conditions normales d'exploitation

Les conditions normales d'exploitation font référence aux conditions dans lesquelles le système de TV par câble à l'essai est entièrement fonctionnel dans une installation donnée. Toutes les entrées et sorties de chaque équipement doivent être accordées avant toute mesure selon le diagramme de niveau conçu.

6.1.3 Signal normal et équipement de mesure

Pour les mesures, les signaux normalisés utilisés dans les instruments de mesure et dans le système à l'essai doivent être paramétrés selon le format de signal normalisé indiqué pour le système concerné. Les instruments de mesure à utiliser sont indiqués dans le Tableau 2 (les équipements passifs sont exclus).

Tableau 2 – Instruments de mesure

Nom de l'instrument	Utilisation
Mesureur de puissance optique	Instrument qui permet de mesurer la puissance du signal optique.
Analyseur de spectre	Instrument utilisé pour la mesure quantitative des signaux à haute fréquence.
Analyseur de spectre ou compteur de longueur d'onde optique	Instrument utilisé pour la mesure de la longueur d'onde optique
Générateur de signaux	Instrument utilisé pour générer des signaux à haute fréquence (ondes sinusoïdales).
Analyseur de réseau ^a	Instrument utilisé pour mesurer la performance haute fréquence des équipements.
Mesureur de facteur de bruit ^a	Instrument utilisé pour mesurer le facteur de bruit (NF).
Courantomètre (ampèremètre) ^a	Instrument utilisé pour mesurer le courant électrique.
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 et la longueur d'onde optiques.
^a Si les paramètres de calcul de la RIN de l'ONU, 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.	

6.2 Précision de l'équipement de mesure

Tous les dispositifs et instruments utilisés pour la mesure doivent être étalonnés. Les sources étalons utilisées pour l'étalonnage doivent être étalonnées dans les six mois qui précèdent le jour de la mesure.

6.3 Puissance de la source

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

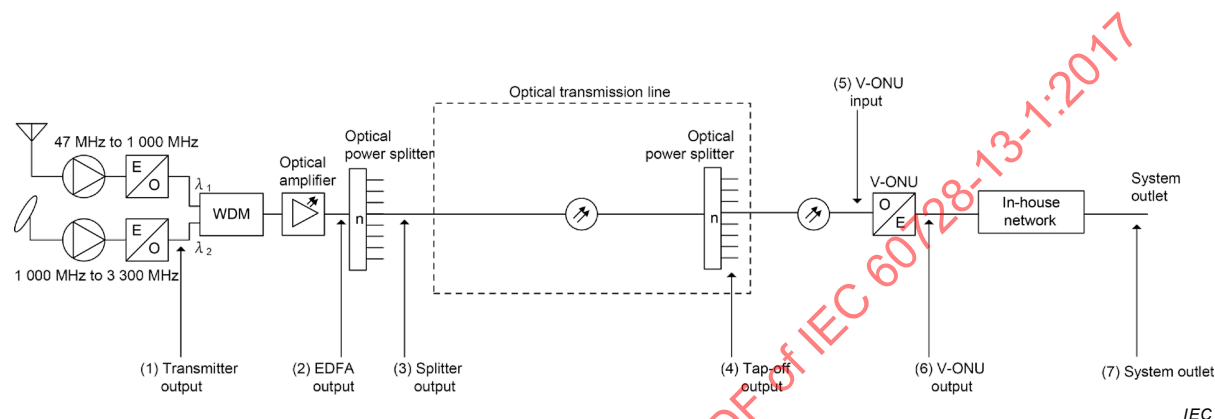
7 Méthodes de mesurage

7.1 Points de mesure

Les points de mesure du système DFA pour la transmission des signaux de diffusion par satellite sont représentés à la Figure 4. Les méthodes de mesure décrites à l'Article 7 sont appliquées au modèle de système MRL et sont fondamentalement similaires à celles du système qui utilise une seule longueur d'onde.

Les mesures réalisées à la sortie de dérivation peuvent être utilisées pour prévoir les performances du système à la sortie du V-ONU. Il est donc plus facile pour les opérateurs du système de surveiller et de contrôler les performances des terminaux d'abonnés.

Il est exigé de mesurer la puissance optique aux points (1) à (5), et le niveau du signal électrique aux points (6) et (7) de la Figure 4 pour 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, chez le client. L'intensité relative de bruit (*RIN*) doit être mesurée aux points (1) à (5) et le rapport *S/N* (signal électrique) aux points (6) et (7). Le rapport signal sur bruit estimé à la sortie du V-ONU est calculé à partir de la valeur de *RIN* mesurée pour le signal d'entrée optique du V-ONU au point (5).



Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
Transmitter output	Sortie de l'émetteur
Optical amplifier	Amplificateur optique
EDFA output	Sortie de l'EDFA
Optical power splitter	Diviseur de puissance optique
Splitter output	Sortie du diviseur
Optical transmission line	Ligne de transmission optique
Tap-off output	Sortie de dérivation
V-ONU input	Entrée du V-ONU
V-ONU output	Sortie du V-ONU
In-house network	Prise d'abonné
System outlet	Réseau interne

Figure 4 – Points de mesure dans un système type de distribution de signaux vidéo

7.2 Paramètres de mesure

Les points et paramètres de mesure sont répertoriés dans le Tableau 3.

Pour mesurer la *RIN*, il est préférable de maintenir une puissance optique supérieure à -3 dB(mW) au point de mesure, une limitation imposée par le phénomène de bruit dans le montage de mesure. Si la puissance optique au point de mesure (5) est inférieure à -3 dB(mW), l'erreur de mesure peut devenir importante et la mesure à ce point n'est pas recommandée.

Toutefois, puisque la limite ci-dessus est due seulement au phénomène de bruit dans le système de mesure, elle peut être exonérée si la précision des mesures s'améliore à l'avenir.

Tableau 3 – Points de mesure et paramètres mesurés

Paramètres de mesure	Points de mesure						
	(1) Sortie de l'émetteur	(2) Sortie de l'EDFA	(3) Sortie du diviseur	(4) Sortie de dérivation	(5) Entrée du V-ONU	(6) Sortie du V-ONU	(7) Prise d'abonné
Puissance optique	○	○	○	○	○	—	—
Longueur d'onde optique	○	●	●	●	●	—	—
S/N (électrique)	—	—	—	—	—	—	○
RIN (S/N) (Voir NOTE)	○	○	Δ	Δ	Δ	—	—
TEB	—	—	—	—	—	○	○
Légende ○ Les mesures sont possibles à ces points. ● Longueur d'onde mesurée à la sortie de l'émetteur; elle peut représenter l'ensemble du système. Δ Les mesures sont possibles à ces points lorsque la puissance optique est supérieure à –3 dB (mW).							
Les mesures aux points (5), (6) et (7) sont obligatoires, tandis que les mesures aux autres points sont exigées pour garantir les performances du système.							
NOTE L'estimation théorique du rapport S/N au point (6), à la sortie du V-ONU, s'appuie sur les résultats des mesures pour chaque équipement.							

7.3 Puissance optique

La mesure de la puissance optique pour des longueurs d'onde uniques doit être réalisée conformément au 4.2 de l'IEC 60728-6:2011. Pour mesurer la puissance optique moyenne totale de plusieurs longueurs d'onde en provenance de l'extrémité d'une fibre à l'essai, la méthode décrite dans l'IEC 60728-13 doit être utilisée.

En général, il n'existe aucune sélectivité de longueur d'onde du mesureur de puissance optique qui est calculée et affichée comme puissance optique totale. Il est donc nécessaire de séparer les longueurs d'onde au moyen du coupleur MRL ou du filtre MRL. Dans ce cas, il est nécessaire de compenser la perte du filtre MRL utilisé.

7.4 Longueur d'onde optique

Dans le système DFA de transmission des signaux de diffusion par satellite, la longueur d'onde optique doit être mesurée selon les descriptions ci-dessous.

Si un seul V-ONU est utilisé pour recevoir simultanément plusieurs longueurs d'onde sans filtre MRL, un filtre MRL d'essai doit être utilisé pour mesurer chaque longueur d'onde optique à l'entrée du V-ONU. Le montage de mesure est représenté à la Figure 5a) et à la Figure 5b).

Measuring point

((1) to (5) in Figure 4)

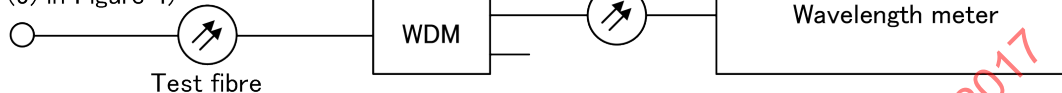


IEC

a) Mesure de la longueur d'onde optique sans coupleur MRL

Measuring point

((1) to (5) in Figure 4)



IEC

b) Mesure de la longueur d'onde optique à l'aide d'un coupleur MRL

Anglais	Français
Measuring point	Point de mesure
((1) to (5) in Figure 4)	((1) à (5) sur la Figure 4)
Test fibre	Fibre d'essai
Optical spectrum analyser	Analyseur de spectre optique
WDM	MRL
Wavelength meter	Compteur de longueur d'onde

Figure 5 – Mesure de la longueur d'onde optique

Pour mesurer la longueur d'onde centrale λ_0 du spectre d'un signal optique en cours de modulation, la méthode décrite dans l'IEC 61280-1-3 doit être utilisée. La longueur d'onde centrale doit être exprimée en nm.

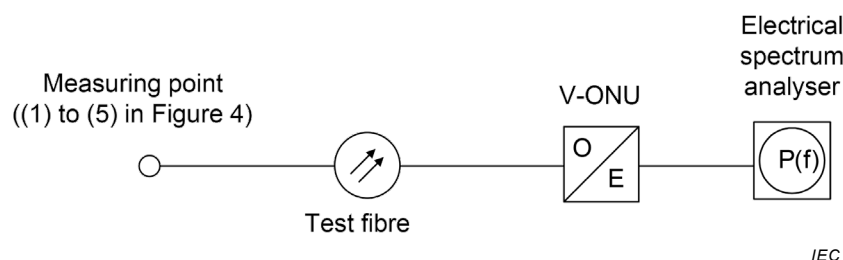
7.5 Niveau du signal et rapport signal sur bruit

7.5.1 Généralités

Cette méthode d'essai a pour objet de mesurer le niveau du signal de diffusion par satellite (16APSK, TC8PSK, 8PSK, QPSK, etc). Le rapport signal sur bruit est également mesuré au moyen du niveau de bruit mesuré dans la largeur de bande dédiée à la transmission du signal de diffusion. Cette méthode d'essai permet d'effectuer la mesure dans le domaine électrique.

7.5.2 Montage de mesure

Le montage de la mesure du niveau de signal et du rapport signal sur bruit est représenté à la Figure 6.



Anglais	Français
Measuring point	Point de mesure
((1) to (5) in Figure 4)	((1) à (5) sur la Figure 4)
Electrical spectrum analyser	Analyseur de spectre électrique

Figure 6 – Mesure du niveau du signal et du rapport signal sur bruit

Le montage d'essai représenté à la Figure 6 correspond à une mesure simplifiée du rapport signal sur bruit dans la partie optique du réseau. Dans la partie électrique du réseau, il convient de réaliser la mesure correcte au moyen d'un analyseur de spectre électrique aux points (6) et (7) du Tableau 3.

7.5.3 Conditions de mesure

Les conditions de mesure suivantes s'appliquent.

- L'analyseur de spectre utilisé pour la mesure doit être étalonné avant la mesure. La tension d'alimentation de tous les équipements utilisés pour les mesures doit être allumée au moins 30 min avant le début de la mesure.
- Si l'instrument de mesure dispose d'une fonction d'étalonnage, celle-ci doit être exécutée avant la mesure.
- Des câbles coaxiaux et des connecteurs convenables doivent être utilisés pour maintenir une adaptation d'impédance adéquate à l'intérieur du système de mesure.

7.5.4 Méthode de mesure des signaux xPSK

Pour la mesure du niveau moyen de signal et du rapport signal sur bruit pour les signaux à modulation numérique, les méthodes décrites dans l'IEC 60728-1 doivent être suivies.

7.5.5 Présentation des résultats

Le niveau du signal doit être exprimé en dB(mW) ou en dB(μ V) et le rapport signal sur bruit doit être exprimé en dB.

7.6 *RIN* et rapport signal sur bruit

7.6.1 Généralités

Cette méthode de mesure a pour objet de prévoir le rapport signal sur bruit à la sortie du V-ONU, à partir de l'intensité relative de bruit (*RIN*) mesurée de chaque longueur d'onde utilisée pour le signal optique d'entrée total dans le V-ONU.

L'intensité relative de bruit (RIN) est le bruit provoqué par les fluctuations de la puissance optique de sortie par rapport à la cadence. Elle est exprimée comme le ratio puissance optique moyenne/puissance du bruit moyen mesurée dans une largeur de bande de 1 Hz. Il est difficile de mesurer la RIN directement dans le domaine optique et la mesure doit être réalisée après la conversion du signal optique en signal électrique. Toutefois, une mesure précise de la RIN est impossible si l'entrée optique du V-ONU est de faibles dimensions, comme dans la plupart des systèmes en pratique. La RIN peut aussi être calculée à partir des performances mesurées pour chaque composant constitutif du système.

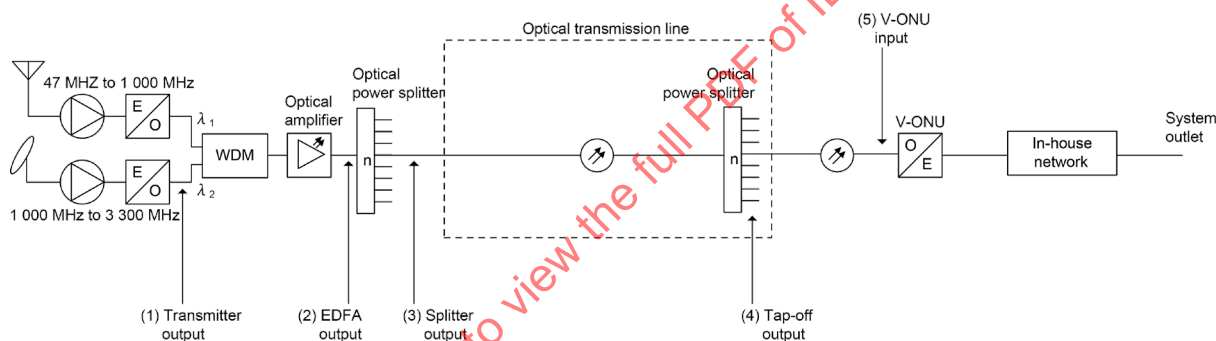
Compte tenu de ces caractéristiques de la RIN , pour calculer le rapport signal sur bruit à la sortie du V-ONU, il est nécessaire de mesurer la RIN pour chaque longueur d'onde aux points (1) à (3) représentés à la Figure 7, où la puissance optique de sortie est suffisamment élevée pour que les mesures de la RIN puissent être exactes.

NOTE Les mesures de la RIN ne sont pas exactes lorsque la puissance optique est inférieure à -3 dB(mW).

7.6.2 Points de mesure et montage de mesure

7.6.2.1 Points de mesure

Les points de mesure de la RIN dans un système DFA type pour la transmission des signaux de diffusion par satellite sont représentés à la Figure 7.



IEC

Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
Transmitter output	Sortie de l'émetteur
Optical amplifier	Amplificateur optique
EDFA output	Sortie de l'EDFA
Optical power splitter	Diviseur de puissance optique
Splitter output	Sortie du diviseur
Optical transmission line	Ligne de transmission optique
Tap-off output	Sortie de dérivation
V-ONU input	Entrée du V-ONU
In-house network	Sortie du V-ONU
System outlet	Prise d'abonné

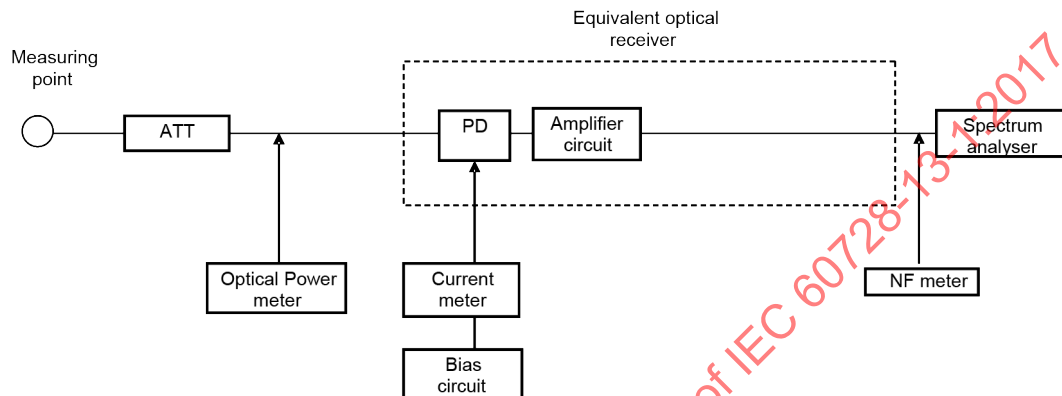
Figure 7 – Points de mesure dans un système DFA type

- Si aucun amplificateur optique n'est utilisé dans le système, la RIN doit être mesurée au point (1) pour chaque longueur d'onde.

- Les amplificateurs optiques sont généralement installés à l'intérieur à des fins de maintenance. Si un amplificateur optique d'extérieur est employé et si les mesures peuvent être réalisées à l'extérieur, la sortie de l'amplificateur optique doit être prise en compte comme point de mesure.
- Si la puissance optique aux points (4) et (5) est suffisamment élevée, ces points doivent également être utilisés pour mesurer la valeur de la *RIN*.

7.6.2.2 Montage de mesure

La Figure 8 représente le montage de mesure de la *RIN*.



IEC

Anglais	Français
Measuring point	Point de mesure
Optical power meter	Mesureur de puissance optique
Current meter	Courantomètre
Bias circuit	Circuit de polarisation
Equivalent optical receiver	Récepteur optique équivalent
Spectrum analyser	Analyseur de spectre
NF meter	Mesureur de facteur de bruit

Figure 8 – Montage de mesure de la *RIN*

7.6.3 Conditions de mesure

Les conditions de mesure de la *RIN* sont les mêmes que celles indiquées en 6.4.3 de l'IEC 60728-13:2010.

7.6.4 Méthode de mesure de la *RIN* du système

7.6.4.1 Généralités

Cette méthode d'essai doit être utilisée pour prévoir le rapport signal sur bruit à la sortie d'un V-ONU à partir de la mesure de la *RIN*, au moyen du montage représenté à la Figure 8. Si plusieurs longueurs d'onde sont utilisées dans le système, la *RIN* doit être mesurée à chaque longueur d'onde. Afin de mesurer la *RIN* à chaque longueur d'onde, un filtre optique de longueur d'onde doit être inséré au point de mesure, ou les émetteurs des autres longueurs d'onde doivent être désactivés. S'assurer que seule la longueur d'onde prise en considération est transmise au montage de mesure.

Le présent paragraphe comporte plusieurs étapes décrites ci-dessous. Si les paramètres, R , I_{d0} , I_{eq} et G sont inconnus, se reporter à l'Annexe D de l'IEC 60728-13:2010 pour obtenir la méthode de mesure de ces paramètres. La *RIN* peut être calculée à l'aide de ces paramètres.

7.6.4.2 ETAPE A: Puissance d'entrée du récepteur optique et bruit du système (densité du courant de bruit)

Pour l'étape A, procéder de la manière suivante.

- Mesurer la puissance d'entrée du récepteur optique (P_r) avec un mesureur de puissance.
- 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 au moyen de l'Equation (1) en réglant la RBW de l'analyseur de spectre à 100 kHz.

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

où

Z_0 est l'impédance du montage de mesure;

N_p est la densité de puissance du bruit, exprimée en dB(mW)/Hz.

La correction suivante doit être appliquée si le niveau de bruit (N_L) est mesuré au moyen de l'analyseur de spectre:

$$N_p = N_L + 10 \lg\left(\frac{B_N}{B}\right) + K_1 + K_2 \quad (2)$$

où

B_N est la largeur de bande de mesure de la puissance du bruit (N_p) en Hz,

B est la largeur de bande du bruit, RBW $\times$ 1,2 (facteur de correction de la largeur de bande du bruit), 120 000 Hz,

K_1 est le facteur de correction pour la conversion en niveau de tension effectif,
 $20 \lg(2/\sqrt{\pi}) = 1,05$ dB,

K_2 est le facteur de correction pour l'amplificateur logarithmique de l'analyseur de spectre, généralement 1,45 dB.

Le niveau de bruit mesuré (N_p) inclut celui de l'appareil de mesure (analyseur de spectre), dont il convient qu'il soit au moins inférieur de 20 dB au niveau de bruit affiché en dehors de la bande du canal afin de ne pas affecter les résultats. Sinon, la contribution du bruit (due au système ou au matériel soumis à l'essai et au matériel de mesure) doit être prise en compte dans la mesure du niveau de bruit (voir Annexe F de l'IEC 60728-1:2014).

7.6.4.3 ETAPE B: Calcul de la RIN

Pour l'étape B, procéder de la manière suivante:

- D'après les résultats des mesures ci-dessus, la RIN peut être calculée au moyen de la relation suivante:

$$RIN_n = 10 \lg \left[\frac{\frac{I_{bn}^2}{G}}{(R \cdot P_{rn})^2} - \frac{2e}{(R \cdot P_{rn})^2} (I_{d0} + R \cdot P_{rn}) - \frac{I_{eq}^2}{(R \cdot P_{rn})^2} \right] [dB(Hz^{-1})] \quad (3)$$

où

- R est la sensibilité de la photodiode (en A/W);
- I_{d0} est la sensibilité de la photodiode (en A);
- I_{eq} est la densité de courant d'entrée équivalente au bruit pour le préamplificateur (en A/√Hz);
- I_{bn} est le courant de bruit total dans une largeur de bande de 1 Hz à la sortie du récepteur optique (en A/√Hz);
- G est le gain de l'amplificateur du récepteur optique (y compris le gain du circuit d'adaptation),
- P_{rn} est la n ème puissance d'entrée du récepteur optique (W),
- e est la charge d'un électron $1,602 \times 10^{-19}$ (C).

7.6.5 Calcul du rapport S/N en fonction de la valeur de la RIN

La valeur du rapport signal sur bruit $(S/N)_{sk}$ du k ème signal RF dans le s ème signal optique contenu dans n (1 à N_T) signaux optiques, à la sortie du V-ONU, peut être calculée au moyen de la relation suivante:

$$(S/N)_{sk} = 10 \lg \left[\frac{1}{B_N} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot (OMI_{sk} \cdot R \cdot P_{rs})^2}{\sum_{n=1}^{N_T} \{ RIN_n \cdot (R \cdot P_{rn})^2 \} + 2 \cdot e \cdot \left(I_{d0} + \sum_{n=1}^{N_T} R \cdot P_{rn} \right) + I_{eq}^2} \right] [\text{dB}] \quad (4)$$

Les paramètres utiles pour le calcul sont indiqués dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Paramètres utilisés pour calculer le rapport S/N lorsque des signaux de plusieurs longueurs d'onde sont reçus par un seul V-ONU

Symbole	Description		Remarques
B_N	ISDB-C	Largeur de bande du bruit 64/256-QAM: $5,3 \times 10^6$ (Hz)	Dépend du format de modulation
	ISDB-C2	OFDM(J.382): $5,71 \times 10^6$ (Hz)	
	ISDB-T	QAM: $5,6 \times 10^6$ (Hz)	
	ISDB-S	QPSK, TC8PSK: $28,86 \times 10^6$ (Hz)	
	ISDB-S3	16APSK: $33,76 \times 10^6$ (Hz)	
K_s	Nombre total de signaux RF dans le s^e signal optique		
OMI_{sk}	Indice de modulation optique du ke signal RF transmis au moyen du s^e signal optique		
P_{rs}	Puissance optique du s^e signal optique (W)		Pour mesurer la puissance optique de chaque longueur d'onde, désactiver les émetteurs de toutes les autres longueurs d'onde, ou insérer un filtre de longueur d'onde optique au point de mesure, puis s'assurer que seule la longueur d'onde prise en considération est transmise au mesureur de puissance.
P_{rn}	Puissance optique du ne signal optique (W)		Ce paramètre dépend de la conception de la ligne de transmission.
RIN_n	RIN du ne signal optique ($\text{dB}(\text{Hz}^{-1})$)		Ce paramètre dépend de l'émetteur optique, des amplificateurs optiques et des lignes de transmission. Si ces paramètres sont inconnus, les valeurs suivantes peuvent être utilisées pour calculer la RIN d'entrée du signal optique dans le V-ONU. RIN de l'émetteur optique pour la transmission multivoie: $-155 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$. RIN de l'émetteur optique pour la retransmission: $-150 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$. NF d'un amplificateur optique: 6,5 dB. RIN due à la ligne de transmission optique: $-161 \text{ dB}(\text{Hz}^{-1})$.
e	Charge d'un électron ($1,602 \times 10^{-19}$ C)		Constante physique.
R	Sensibilité du V-ONU (A/W)		Dépend des performances du V-ONU. Si ces paramètres sont inconnus, les valeurs suivantes peuvent être utilisées dans le calcul de la RIN . R : 0,84 (A/W) I_{d0} : 1,3 (nA) I_{eq} : 10 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
I_{d0}	Courant d'obscurité du V-ONU (A)		
I_{eq}	Densité de courant d'entrée équivalente au bruit du V-ONU (A/ $\sqrt{\text{Hz}}$)		
N_T	Nombre de signaux optiques transmis simultanément		

7.6.6 Calcul de la RIN des composants

Pour calculer la dégradation de la RIN due aux amplificateurs optiques et aux lignes de transmission optiques, les méthodes décrites en 6.4.6 de l'IEC 60728-13:2010 doivent être utilisées.

7.7 Indice de modulation optique

L'indice de modulation optique (*OMI*) des signaux de diffusion par satellite doit être mesuré selon la méthode décrite en 4.8 de l'IEC 60728-6:2011. Pour les besoins du présent document, toute fonction AGC de puissance, si elle est disponible dans l'émetteur, doit être désactivée au cours du mesurage.

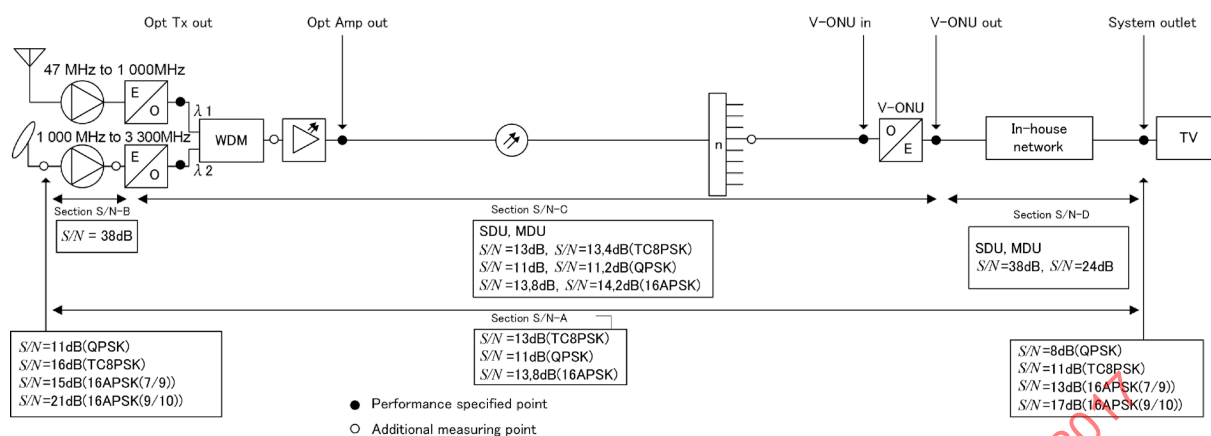
7.8 Rapport signal sur diaphonie (*SCR*)

Cette méthode de mesure est applicable lorsque d'autres services (c'est-à-dire des signaux de communication numérique comme GPON, GEPON ou Ethernet-Point-à-Point) que la transmission de signaux de diffusion CATV (c'est-à-dire 16APSK, 64/256QAM, OFDM, 8PSK et QPSK), sont transmis dans le réseau optique. Les autres services peuvent produire des effets de diaphonie dans les fibres optiques et les récepteurs optiques à haute linéarité. Le rapport signal sur diaphonie (*SCR*) des signaux de diffusion par satellite doit être mesuré selon la méthode de mesure du rapport signal sur diaphonie dont la description est prévue en 6.6 de l'IEC 60728-113:—.

8 Spécification du système optique pour la transmission de signaux de diffusion

8.1 Système de diffusion numérique par réseau optique

Les systèmes OFDM et QAM (47 MHz à 1 000 MHz) sont décrits dans l'IEC 60728-113. Le présent document décrit les signaux de diffusion par satellite (BS) et de communication par satellite (CS) (1 000 MHz à 3 300 MHz) modulés par 16APSK et xPSK. L'attribution suivante du rapport *S/N* est appliquée uniquement à ces signaux (voir Figure 9).



IEC

Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
Opt Tx output	Sortie de l'émetteur optique
Opt Amp out	Sortie de l'amplificateur optique
V-ONU in	Entrée du V-ONU
V-ONU out	Sortie du V-ONU
System outlet	Prise d'abonné
In-house network	Réseau interne
Performance specified point	Point de performance spécifié
Additional measuring point	Point de mesure supplémentaire

Figure 9 – Attribution des performances et points de mesure

8.2 Systèmes de télévision internationaux

Le rapport signal sur bruit minimal en RF exigé en fonctionnement est indiqué dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Exigences minimales concernant le rapport signal sur bruit en RF, en fonctionnement

Système	Modulation	Débit de code	Rapport signal sur bruit minimal en RF à l'entrée de tête de réseau	Rapport minimal signal RF sur bruit à la prise d'abonné
			S/N dB	S/N dB
ISDB-S	TC8PSK	2/3	16 ^a	11
	QPSK	3/4	11 ^a	8
ISDB-S3	16APSK	7/9	21 ^a	13 ^a
DVB-S	QPSK	3/4	Voir Tableau 17 de l'IEC 60728-101:2016	Voir Tableau 9 de l'IEC 60728-101:2016
DVB-S2	16APSK	—	Voir Tableau 17 de l'IEC 60728-101:2016	Voir Tableau 9 de l'IEC 60728-101:2016
	32APSK	—	Voir Tableau 17 de l'IEC 60728-101:2016	Voir Tableau 9 de l'IEC 60728-101:2016

^a La "dégradation correspondante du rapport S/N due à l'affaiblissement dû à la pluie de 99 % du temps au cours du mois le plus défavorable" est soustraite du "rapport S/N du signal d'entrée de tête de réseau". Voir Annexe D pour obtenir des détails sur la relation entre la dégradation du rapport S/N et l'affaiblissement dû à la pluie.

8.3 Relation entre la RIN et le S/N

Le service de diffusion CATV qui relève du domaine d'application du présent document peut être de trois types:

- CATV de type métropolitain;
- CATV de type municipal;
- CATV de type faible réception des signaux.

Les canaux de diffusion peuvent être transmis au moyen d'une seule ou de deux longueurs d'onde (MRL).

Le Tableau 6 répertorie les types de services de diffusion ainsi que le nombre type de signaux. Il convient de se reporter à l'Annexe A pour obtenir la combinaison de signaux numériques et de signaux satellites dans la conception du système réel.

Pour une distance de transmission plus longue et un plus grand nombre d'abonnés, le système de service multivoie utilise un émetteur avec la méthode de modulation d'intensité externe pour la transmission de signaux numériques et de signaux satellites. Dans un service multivoie avec un service CS supplémentaire, les canaux BS/CS-IF sont transmis par la méthode de modulation d'intensité directe.

Le système de service de retransmission est une installation de réception de faibles dimensions pour laquelle une faible réception des émissions TV diffusées, neuf signaux numériques et le service BS sont admis par hypothèse. La plupart des systèmes de service de retransmission n'exigent pas d'EDFA, ou un seul EDFA, et le système optique utilise généralement la méthode de modulation d'intensité directe.

Tableau 6 – Types de services de diffusion

Type de service	Nombre de longueurs d'onde		Signal inférieur à 1 GHz				Supérieur à 1 GHz (satellite) ISDB-S/S3 DVB-S/S2
			Nombre de signaux	Système	Modulation	Sous-porteuse	
CATV de type métropolitain	1		80 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	24 signaux (xPSK, 16APSK)
				DVB-T2	COFDM	~ 256QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64QAM 256QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	~ 4096QAM	
	2	λ_1	80 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	—
				DVB-T2	COFDM	~ 256QAM	
				DVB-C (ISDB-C)	64QAM 256QAM	— —	
				DVB-C2 (J.382)	COFDM (OFDM)	~ 4096QAM	
		λ_2	—	—	—	—	24 signaux (xPSK, 16APSK)
	CATV de type municipal	1		11 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM
DVB-T2					COFDM	~ 256QAM	
2		λ_1	11 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	—
				DVB-T2	COFDM	~ 256QAM	
		λ_2	—	—	—	—	48 signaux (xPSK, 16APSK)
CATV de type faible réception des signaux	1		9 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	24 signaux (xPSK, 16APSK)
				DVB-T2	COFDM	~ 256QAM	
	2	λ_1	9 signaux	DVB-T (ISDB-T)	COFDM (OFDM)	64QAM	—
				DVB-T2	COFDM	~ 256QAM	
		λ_2	—	—	—	—	24 signaux (xPSK, 16APSK)

Les performances d'un tel système de transmission peuvent être définies par la valeur de l'intensité relative de bruit (RIN) pour le signal optique, et par le rapport S/N à la sortie du V-ONU pour le signal électrique. Dans le présent document, le terme V-ONU est utilisé comme synonyme de récepteur optique (O/E), et dans le cas des services qui utilisent deux longueurs d'onde, il est admis par hypothèse que le signal multiplexé est reçu par un seul V-ONU. L'Annexe A contient des informations détaillées sur les paramètres réels. Les valeurs de RIN exigées pour les trois types de services sont indiquées dans le Tableau 7. La méthode de modulation d'intensité est appliquée au système optique dans tous les types de services.

Les tableaux suivants ne s'appliquent qu'à la bande du signal de diffusion par satellite qui utilise la modulation numérique (16APSK, TC8PSK et QPSK). La valeur de la RIN est calculée à partir du rapport S/N nécessaire pour la transmission de signaux de diffusion améliorés (signaux numériques de diffusion par satellite). Le rapport S/N du système global doit être attribué en fonction des signaux numériques dans lesquels la condition la plus stricte est exigée.

Tableau 7 – Types de services et valeurs minimales de RIN en fonctionnement pour les services par satellite

Type de service	Nombre de longueurs d'onde	OMI %	Niveau minimal à l'entrée du V-ONU dB(mW)	Valeur minimale de RIN du système dB(Hz ⁻¹)	Valeur S/N correspondante ^a dB
CATV de type métropolitain (type a)	1	1,5	-8	-128	13 (SDU)
				-129	14 (MDU)
	2	—	-8 (λ_1) ^b	-128 ^c	13 (SDU)
		6,1	-14 (λ_2) ^b	-129 ^c	14 (MDU)
CATV de type municipal (type b)	1	3,0	-8	-127	18 (SDU)
				-128	19 (MDU)
	2	—	-8 (λ_1) ^b	-138 ^c	18 (SDU)
		4,3	-14 (λ_2) ^b	-139 ^c	19 (MDU)
CATV de type faible réception des signaux (type c)	1	4,7	-12	-118	13 (SDU)
				-119	14 (MDU)
	2	—	-12 (λ_1) ^b	-118 ^c	13 (SDU)
		6,1	-12 (λ_2) ^b	-119 ^c	14 (MDU)

^a La valeur du rapport S/N est calculée pour un système TC8PSK (pour le type de service a, 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 de 47 MHz à 1 000 MHz
 λ_2 : longueur d'onde de la bande de transmission de 1 000 MHz à 3 300 MHz (pour le type de service a, c) ou de 1 000 MHz à 3 300 MHz (pour le type de service b).

^c Valeur de RIN totale pour un système à deux longueurs d'onde.

Plusieurs réflexions optiques sur la ligne de transmission peuvent dégrader les valeurs de RIN . Afin de réduire autant que possible cette dégradation, il est recommandé d'utiliser des connecteurs de classe 2 conformes à l'IEC 61755-1 ou des connecteurs optiques APC.

8.4 Longueur d'onde optique

Le Tableau 8 indique les performances de longueur d'onde et de puissance optiques du système DFA définies dans le présent document.

Tableau 8 – Performances de longueur d'onde et de puissance optiques

Longueur d'onde optique		Voir l'IEC 60728-13.
Puissance optique	Puissance de transmission optique	Lorsque le système DFA utilise deux longueurs d'onde, la puissance optique de la première longueur d'onde fait référence à l'IEC 60728-13 et la deuxième longueur d'onde est de -6 dB par rapport à la première longueur d'onde.
	Puissance d'entrée du V-ONU	
Intervalle des longueurs d'onde (système à deux longueurs d'onde)		Les longueurs d'onde doivent être choisies conformément à la recommandation UIT-T G.694.1 pour un système DWDM, et à la recommandation UIT-T G.694.2 pour un système CWDM (voir Annexe B). Si d'autres longueurs d'onde sont choisies, une séparation des longueurs d'onde d'au moins 0,3 nm doit être maintenue dans tous les cas pour éviter toute interférence avec les signaux de diffusion.

Pour éviter l'influence de la deuxième longueur d'onde sur la première, le niveau de la deuxième longueur d'onde doit être suffisamment inférieur à celui de la première. Cela implique une différence de niveau de -6 dB lorsque l'OMI du deuxième signal est multiplié par quatre. Voir B.3.2.

8.5 Fréquence de la source de signal

La plage de fréquences des signaux sources pris en compte ici s'étend de 47 MHz à 3 300 MHz. Toutefois, des plans de fréquences régionaux peuvent être utilisés comme plage de fréquences de fonctionnement du système optique.

8.6 Spécification du système optique pour la transmission de signaux par satellite

Les principaux paramètres du système optique sont indiqués dans le Tableau 9. Se reporter à l'IEC 60728-113 pour les signaux OFDM et QAM.

Tableau 9 – Spécification du système optique

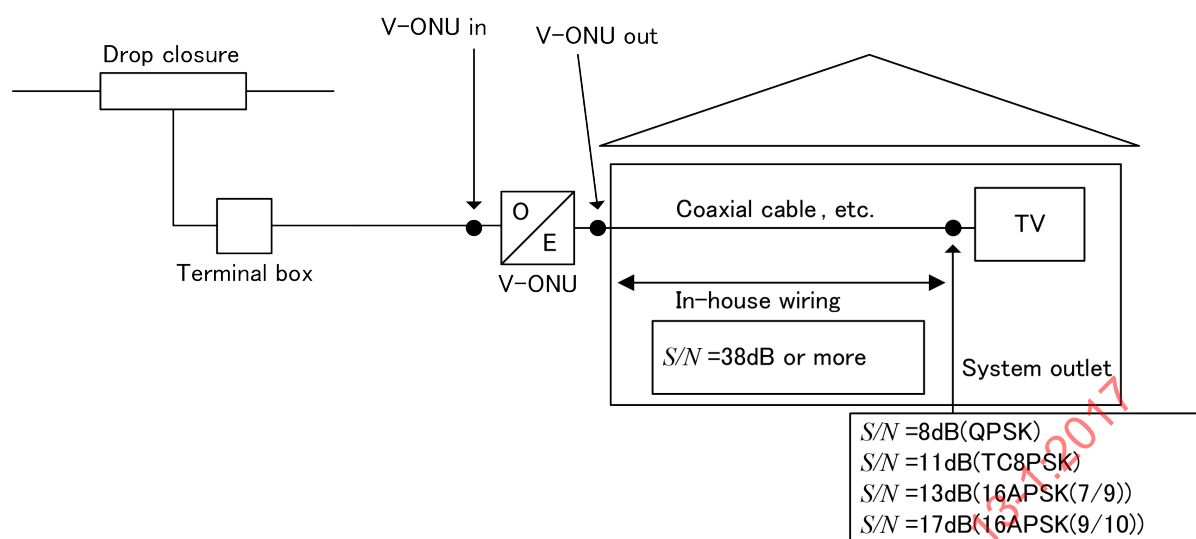
Paramètre		QPSK (ISDB-S)	TC8PSK (ISDB-S)	16APSK (ISDB-S3)
Longueur d'onde optique		1 530 nm à 1 625 nm (la valeur 1 555 nm ± 5 nm est fortement recommandée)		
Fréquence de la source de signal		1 000 MHz à 3 300 MHz		
Fluctuation du niveau d'onde du signal		—		
Largeur de bande de bruit du signal électronique		28,86 MHz	28,86 MHz	33,7561 MHz
Rapport S/N minimal pour la section optique (entre la sortie de la tête de réseau et la prise d'abonné)		16 dB	16 dB	Débit de code 7/9 15,3 dB
Rapport S/N minimal	A l'entrée de la tête de réseau	11 dB ^a	16 dB ^a	Débit de code 7/9 21 dB ^a
	A la prise d'abonné ^b	8 dB ^b	11 dB ^b	Débit de code 7/9 13 dB ^c
^a La "dégradation correspondante du rapport S/N due à l'affaiblissement dû à la pluie de 99 % du temps au cours du mois le plus défavorable" est soustraite du "rapport S/N du signal d'entrée de tête de réseau". Voir Annexe D pour obtenir des détails sur la relation entre la dégradation du rapport S/N et l'affaiblissement dû à la pluie. ^b Correspond à $TEB = 1 \times 10^{-8}$ ^c Correspond à $TEB = 1 \times 10^{-11}$				

8.7 Spécification du rapport S/N pour le câblage interne des maisons et des immeubles

Le rapport S/N peut être spécifié à l'extérieur de la prise d'abonné si les performances de la section de câblage interne de la maison/l'immeuble sont maintenues correctement. D'après les méthodes d'installations actuelles, l'attribution du rapport S/N pour la section de câblage interne de la maison/l'immeuble est spécifiée dans le Tableau 10. L'attribution du rapport S/N est différente pour les unités résidentielles uniques (SDU) et les unités résidentielles multiples (MDU), comme représenté à la Figure 10 et la Figure 11, compte tenu de la différence de composition du réseau.

Tableau 10 – Spécification du rapport S/N de section pour le câblage interne de la maison/l'immeuble

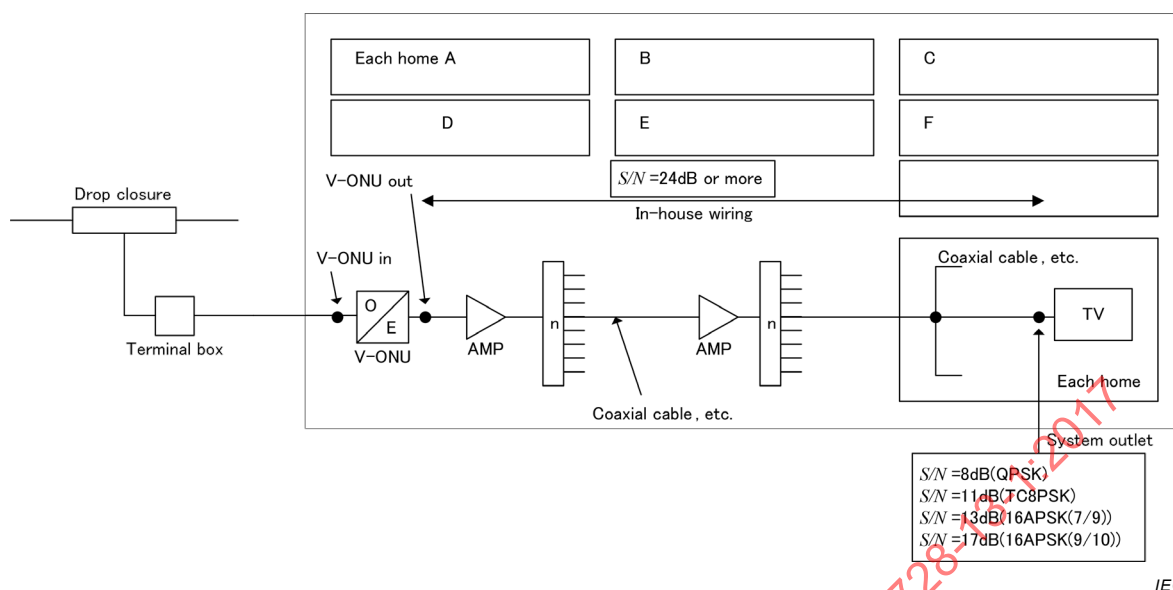
Catégorie de maison		Rapport S/N minimal pour le câblage interne de la maison/l'immeuble dB
Unité résidentielle unique (SDU)	—	38
Unité résidentielle multiple (MDU)	Conversion O/E à l'entrée de la MDU, distribution par câble coaxial jusqu'au poste de TV	24
	Pas de conversion O/E à l'entrée de la MDU, distribution par câble optique jusqu'au poste de TV	24



IEC

Anglais	Français
Drop closure	Fermeture du branchement
Terminal box	Boîtier de terminaison
V-ONU in	Entrée du V-ONU
V-ONU out	Sortie du V-ONU
Coaxial cable, etc.	Câble coaxial, etc.
In-house wiring	Câblage interne
or more	ou plus
System outlet	Prise d'abonné

Figure 10 – Spécification du rapport S/N de section (38 dB) pour le câblage interne de la maison



Anglais	Français
Drop closure	Fermeture du branchement
Terminal box	Boîtier de terminaison
Each home	Chaque abonné
V-ONU in	Entrée du V-ONU
V-ONU out	Sortie du V-ONU
or more	ou plus
In-house wiring	Câblage interne
Coaxial cable, etc.	Câble coaxial, etc.
System outlet	Prise d'abonné

Figure 11 – Spécification du rapport S/N de section (24 dB) pour le câblage interne de l'immeuble (en cas de distribution par câble coaxial après le V-ONU)

8.8 Diaphonie du fait de la non-linéarité de la fibre optique

Voir l'IEC 60728-113.

8.9 Niveau d'interférence monofréquence du fait de la non-linéarité de la fibre

Le niveau d'interférence monofréquence provoqué par la non-linéarité de la fibre doit respecter les valeurs suivantes indiquées dans le Tableau 11. Tous les paramètres des systèmes de transmission pour la diffusion optique doivent être réglés approximativement de manière à respecter le niveau d'interférence. Le point de mesure doit être le point (6) représenté à la Figure 4.

**Tableau 11 – Niveau d'interférence du fait de la non-linéarité de la fibre
(interférence monofréquence)**

Système	Système de diffusion	Débit de code	Rapport D/U dB
ISDB-S	Diffusion par satellite (TC8PSK)	—	Plus de 13
	Communication par satellite (QPSK)	—	Plus de 13
ISDB-S3	Diffusion par satellite (16APSK)	7/9	Plus de 14
	Communication par satellite (16APSK)	7/9	Plus de 14

8.10 Conditions environnementales

Voir l'IEC 60728-13.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-13-1:2017

Annexe A (informative)

Considérations sur les systèmes de services réels et la conception

A.1 Généralités

Comme indiqué à l'Article 7, le service de diffusion CATV et les nouveaux services, tels que l'hologramme 3D et/ou la vidéo à la demande (VOD), qui relèvent du domaine d'application du présent document, peuvent être de trois types:

- CATV de type métropolitain: service multivoie avec signaux numériques (au-dessous de 1 GHz, 80 canaux);
- CATV de type municipal: service multivoie avec combinaison de services BS/CS et de signaux numériques (au-dessous de 1 GHz, 11 canaux);
- CATV de type faible réception des signaux: signaux BS et signaux numériques (au-dessous de 1 GHz, 9 canaux).

L'Annexe A présente des considérations sur les systèmes de services réels et la conception d'après les spécifications décrites dans le présent document.

A.2 CATV de type métropolitain

Les opérateurs de CATV fournissent actuellement des services multivoies pour la diffusion numérique. Les services numériques multivoies sont classés en tant que services multivoies dans le présent document. L'Article A.2 décrit les deux modèles de référence suivants pour les services multivoies sur un réseau optique qui utilisent respectivement une seule longueur d'onde optique ou deux longueurs d'onde optiques.

Modèle (A) λ_1 : 80 signaux numériques + 24 canaux satellites (BS).

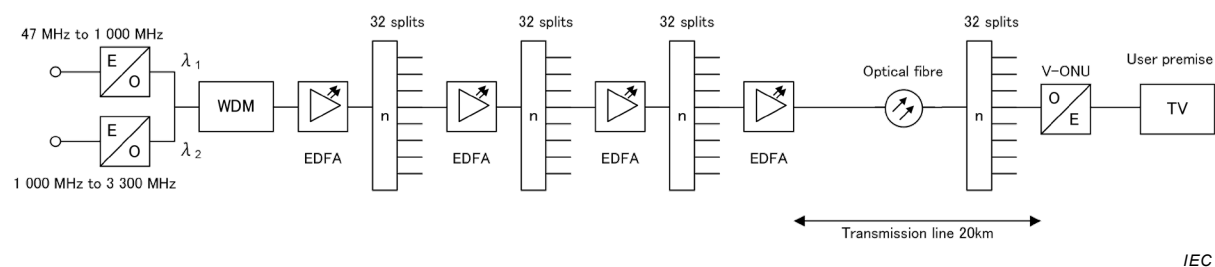
Modèle (B) λ_1 : 80 signaux numériques, λ_2 : 24 canaux satellites (BS).

Le modèle (A) est choisi comme modèle de référence pour une seule longueur d'onde optique. Dans ce cas, un émetteur à modulation directe est utilisé.

Le modèle (B) est choisi comme modèle de référence pour deux longueurs d'onde optiques. Dans ce cas, un émetteur à modulation externe est utilisé pour un système au-dessous de 1 000 MHz, et un émetteur à modulation directe est utilisé pour un système au-dessus de 1 000 MHz.

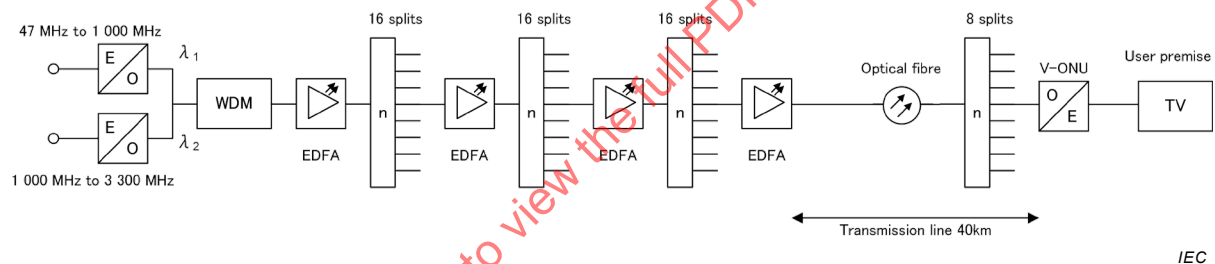
L'adjectif "numérique" fait référence aux signaux DVB-C2 (J.382), 64/256QAM ou COFDM (OFDM), et "satellite" aux signaux 16APSK et xPSK.

Les systèmes de services CATV multivoies se composent majoritairement de 1 500 à 340 000 terminaux, leur ligne de transmission mesure jusqu'à 40 km, et ils comportent généralement un EDFA à 4 étages. Dans le présent document, le terme "EDFA" est synonyme d'amplificateur optique. Dans le système du réseau optique, la relation entre la distance de transmission et le nombre de branches est inversement proportionnelle. Si le nombre de branches est réduit, la ligne optique peut être étendue jusqu'à 40 km et un million ou plus de terminaux d'abonnés deviennent disponibles en empilant les diviseurs. La Figure A.1 et la Figure A.2 montrent des exemples de systèmes de services multivoies pour un million de terminaux et 2 000 terminaux, respectivement.



Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
splits	divisions
Optical fibre	Fibre optique
User premise	Locaux de l'abonné
Transmission line	Ligne de transmission

Figure A.1 – Exemple de système de service multivoie d'un million de terminaux



Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
splits	divisions
Optical fibre	Fibre optique
User premise	Locaux de l'abonné
Transmission line	Ligne de transmission

Figure A.2 – Exemple de système de service multivoie avec 2 000 terminaux

A.3 CATV de type municipal

L'Article A.3 décrit les deux modèles de référence suivants pour les services multivoies avec un service CS supplémentaire sur un réseau optique qui utilisent respectivement une seule longueur d'onde optique ou deux longueurs d'onde optiques (voir Figure A.3).

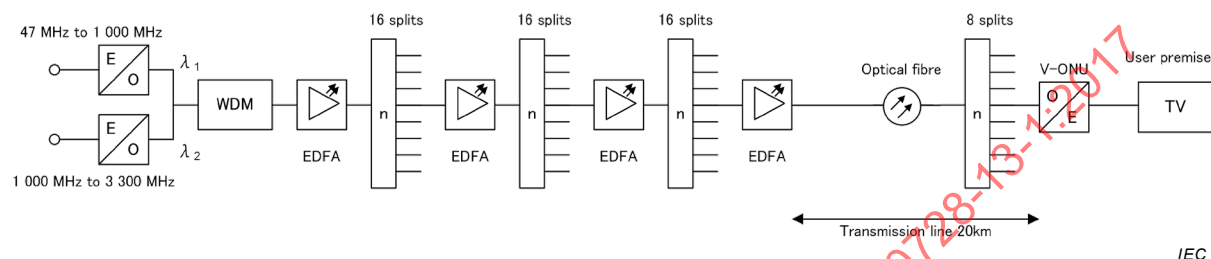
Modèle (C) λ_1 : 11 canaux numériques + 48 canaux satellites (BS et CS).

Modèle (D) λ_1 : 11 canaux numériques, λ_2 : 48 canaux satellites (BS et CS).

Le modèle (C) est choisi comme modèle de référence pour une seule longueur d'onde optique. Dans ce cas, un émetteur à modulation directe est utilisé.

Le modèle (D) est choisi comme modèle de référence pour deux longueurs d'onde optiques. Dans ce cas, un émetteur à modulation directe est utilisé pour un système au-dessous de 1 000 MHz, et un émetteur à modulation directe est utilisé pour un système au-dessus de 1 000 MHz.

L'adjectif "numérique" fait référence aux signaux 64/256QAM ou OFDM, et "satellite" aux signaux 16APSK ou xPSK.



Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
splits	divisions
Optical fibre	Fibre optique
User premise	Locaux de l'abonné
Transmission line	Ligne de transmission

Figure A.3 – Exemple de système de service multivoie avec un service CS supplémentaire pour 2 000 terminaux

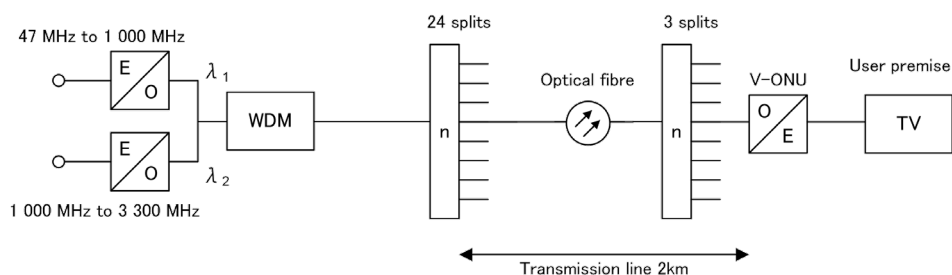
A.4 CATV de type faible réception des signaux

Le système de service de retransmission est une installation de réception de faibles dimensions qui fournit des signaux de diffusion dans les zones de faible réception. Le service de retransmission prend pour hypothèse 9 canaux numériques et 24 canaux satellites. Généralement, les systèmes de service de retransmission ont environ 2 km de ligne principale et 70 terminaux. Dans ce cas, un seul EDFA est suffisant pour cette taille de réseau. La plupart des systèmes de service de retransmission ne nécessitent pas d'EDFA (voir Figures A.4 et A.5).

Modèle (E) λ_1 : 9 canaux numériques + 24 canaux satellites (BS).

Modèle (F) λ_1 : 9 canaux numériques, λ_2 : 24 canaux satellites (BS).

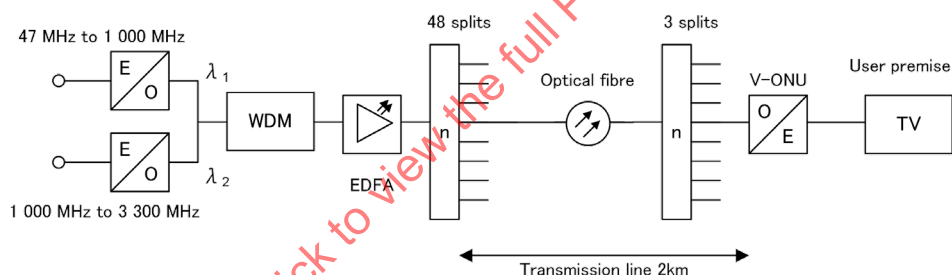
Le modèle (E) est choisi comme modèle de référence pour les systèmes qui utilisent une seule longueur d'onde optique et le modèle (F) est choisi pour les systèmes qui utilisent deux longueurs d'onde optiques. Dans les deux cas, des émetteurs à modulation directe sont utilisés.



IEC

Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
splits	divisions
Optical fibre	Fibre optique
User premise	Locaux de l'abonné
Transmission line	Ligne de transmission

Figure A.4 – Exemple de système de service de retransmission avec 72 terminaux



IEC

Anglais	Français
47 MHz to 1 000 MHz	47 MHz à 1 000 MHz
WDM	MRL
1 000 MHz to 3 300 MHz	1 000 MHz à 3 300 MHz
splits	divisions
Optical fibre	Fibre optique
User premise	Locaux de l'abonné
Transmission line	Ligne de transmission

Figure A.5 – Exemple de système de service de retransmission avec 144 terminaux

A.5 Modèle de référence du système

A.5.1 Paramètres du système

Le Tableau A.1 récapitule les paramètres de base du système vérifiés pour le système de service ci-dessus, et les Figures A.6 à A.11 représentent les calculs de performances du système pour les différents modèles.

Tableau A.1 – Paramètres de base du système (Japon)

N° de réf. du modèle	Type de service	Nombre de longueurs d'onde	Nombre de signaux	OMI (%)	Etages d'EDFA	Remarque
Modèle A	CATV de type métropolitain	1	Numérique: 80 canaux	OFDM(ISDB-T): 2,5 64QAM(ISDB-C): 2,5 256QAM(ISDB-C): 5,0 Satellite (BS): 1,5	4	Méthode de modulation directe (90 MHz à 2 681 MHz)
Modèle B		2	Satellite (BS): 24 canaux	OFDM(ISDB-T): 2,5 64QAM(ISDB-C): 2,5 256QAM(ISDB-C): 5,0 Satellite (BS): 6,1	4	Méthode de modulation externe (90 MHz à 1 000 MHz) Méthode de modulation directe (1 000 MHz à 2 681 MHz)
Modèle C	CATV de type municipal	1	Numérique: 11 canaux	OFDM(ISDB-T): 3,2 Satellite (BS et CS): 3,0	3	Méthode de modulation directe (90 MHz à 3 224 MHz)
Modèle D		2	Satellite (BS et CS): 48 canaux	OFDM(ISDB-T): 3,2 Satellite (BS et CS): 4,3	3	Méthode de modulation directe (90 MHz à 1 000 MHz) Méthode de modulation directe (1 000 MHz à 3 224 MHz)
Modèle E	CATV de type faible réception des signaux	1	Numérique: 9 signaux	OFDM(ISDB-T): 6,4 Satellite (BS): 4,7	0	Méthode de modulation directe (90 MHz à 2 681 MHz)
Modèle F		2	Satellite (BS): 24 signaux	OFDM(ISDB-T): 6,4 Satellite (BS): 6,1	0	Méthode de modulation directe (90 MHz à 2 681 MHz)

Les paramètres utilisés pour le calcul des performances du système sont les suivants.

1) CATV de type métropolitain/municipal

Perte de connexion au connecteur	0,5 dB/point
Perte de fibre, y compris la perte d'épissure	0,35 dB/km
Densité de courant d'entrée équivalente au bruit (I_{eq})	10 pA/√Hz
Courant d'obscurité du récepteur du V-ONU (I_{d0})	1,3 nA
Efficacité de la conversion optique-électrique du V-ONU (R)	0,84 A/W

2) CATV de type faible réception des signaux

Perte de connexion au connecteur	0,5 dB/point
Perte de fibre, y compris la perte d'épissure	0,35 dB/km
Densité de courant d'entrée équivalente au bruit (I_{eq})	8,3 pA/√Hz
Courant d'obscurité du récepteur du V-ONU (I_{d0})	1,0 nA

Efficacité de la conversion optique-électrique du V-ONU (*R*) 0,9 A/W

A.5.2 Environnement d'utilisation

Par hypothèse, l'émetteur optique et l'amplificateur optique sont des équipements de tête de réseau installés dans un immeuble de bureaux dans des conditions environnementales contrôlées. Le V-ONU peut être installé à l'intérieur ou à l'extérieur sous des avant-toits. Sauf spécification contraire, les plages suivantes doivent être appliquées.

a) Emetteur optique

Température ambiante	0 °C à +40 °C	
Humidité	20 % à 90 %	sans condensation de la rosée (voir note)

b) Amplificateur optique

Température ambiante	0 °C à +40 °C	
Humidité	20 % à 90 %	sans condensation de la rosée (voir note)

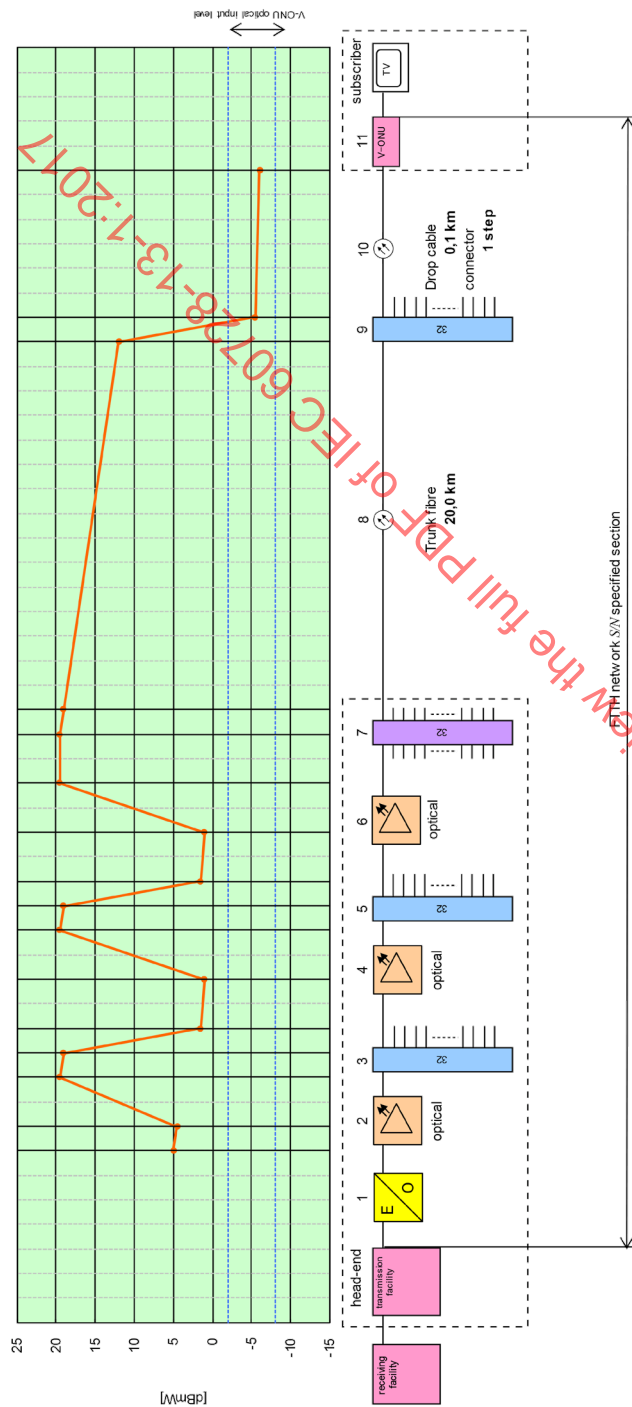
c) V-ONU

Température ambiante	-20 °C à +40 °C	(installation à l'extérieur)
Température ambiante	0 °C à +40 °C	(installation à l'intérieur)
Humidité	20 % à 100 %	sans condensation de la rosée (voir note)
Protection contre les infiltrations	supérieure à IP43	[IEC 60529]

NOTE Sauf dans un environnement où le rayonnement solaire est direct.

Modèle A

CATV de type métropolitain, 4 étages d'EDFA, OMI: OFDM/64QAM: 2,5 %, 256 QAM: 5,0 %, satellite (BS): 1,5 %, émetteur optique à modulation directe: **1 longueur d'onde** (80 canaux numériques, 24 canaux satellites (BS))



Item	
amplifier NF	6,2 dB
OMI:ch	2,5 %
OFDM/64QAM/256QAM/BS	5,0 %
EO INPUT SN	27,0 dB
OFDM/64QAM/256QAM/BS	43,0 dB
EO INPUT SN	16,0 dB

equipment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
input level [dBmW]	RF:80dBuV	4,50	19,00	1,00	19,00	1,00	19,50	19,00	12,00	-5,50	-6,04
gain or loss [dB]	-	15,00	-17,50	18,50	-17,50	18,50	-0,50	-7,00	-17,50	-0,54	-
output level [dBmW]	5,00	19,50	1,50	19,50	1,50	19,50	19,00	12,00	-5,50	-6,04	RF:80dBuV
output RIN[dB(Hz-1)]	-158,10	-152,73	-	-148,60	-	-146,53	-	-	-	-	-
channel SN1 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,66
channel SN2 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45,92
channel SN3 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,10

note 1: FTTH network SN at the V-ONU RF output, which is calculated from RIN of the optical transmitter and the amplifier

note 2: SN(OFDM/64QAM/BS,SN3) at V-ONU RF output, which is calculated from FTTH network SN

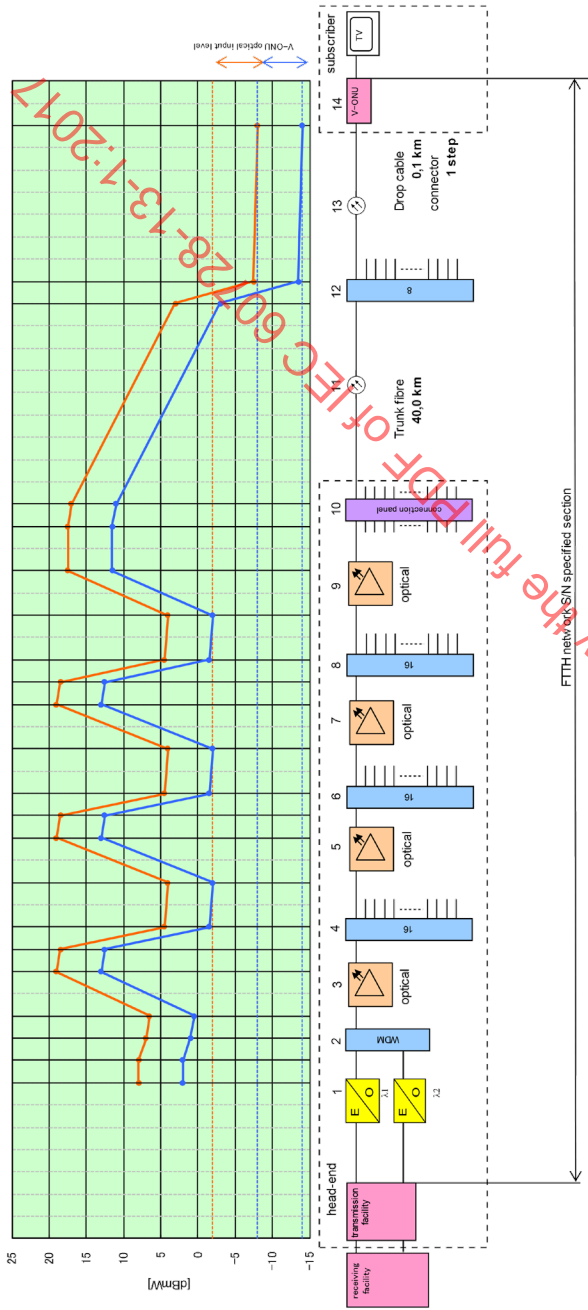
IEC

Anglais	Français
receiving facility	installation de réception
transmission facility	installation d'émission
head-end	tête de réseau
optical	optique
Trunk fibre	Fibre primaire
Drop cable	Branchement d'abonné
connector	connecteur
subscriber	abonné
V-ONU optical input level	Niveau d'entrée optique du V-ONU
FTTH network S/N specified section	S/N du réseau DFA dans la section spécifiée
item	élément
amplifier NF	NF de l'amplificateur
OMI/ch	OMI/v
E/O INPUT S/N	S/N ENTRÉE E/O
equipment	équipement
input level	niveau d'entrée
gain or loss	gain ou perte
output level	niveau de sortie
output RIN	RIN de sortie
Channel S/N1	S/N1 de la voie
Channel S/N2	S/N2 de la voie
Channel S/N3	S/N3 de la voie
transmitter	émetteur
amplifier	amplificateur
32 splitter	diviseur 32
trunk	ligne primaire
drop cable	branchement d'abonné

Anglais	Français
note 1: FTTH network S/N at the V-ONU RF output, which is calculated from RIN of the optical transmitter and the amplifier	note 1: S/N du réseau DFA à la sortie RF du V-ONU, calculé à partir de la RIN de l'émetteur optique et de l'amplificateur
note 2: S/N(OFDM(64QAM):S/N1, 256QAM:S/N2, BS:S/N3) at V-ONU RF output, which is calculated from FTTH network S/N	note 2: S/N(OFDM(64QAM):S/N1, 256QAM:S/N2, BS:S/N3) à la sortie RF du V-ONU, calculé à partir du S/N du réseau DFA

Figure A.6 – Calcul des performances du système pour le modèle A

Modèle B CATV de type métropolitain, 4 étages d'EDFA, OMI: OFDM/64QAM: 2,5%, 256QAM: 5,0%, satellite (BS): 6,1%, émetteurs optiques à modulation externe et directe: **2 longueurs d'onde** (80 canaux numériques, 24 canaux satellites (BS))



Item	
amplifier NF	6.2 dB
OMI (BS)	2.5 %
OMI (BS)	5.0 %
OMI (BS)	6.1 %
OMI (BS)	2.5 %
OMI (BS)	5.0 %
OMI (BS)	6.1 %

equipment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
transmitter	transmitter	WDM	amplifier	16 splitter	16 splitter	16 splitter	16 splitter	16 splitter	amplifier	conn.	trunk	8 splitter	drop cable	V-ONU
input level λ_1 [dBm]	8.00	6.50	4.00	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	4.00	17.50	17.00	3.00	-7.50	-8.04
input level λ_2 [dBm]	8.00	6.50	4.00	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	4.00	17.50	17.00	3.00	-7.50	-8.04
gain or loss [dB]	-	-1.00	12.50	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00	-13.50	-0.50	-14.00	-10.50	-0.54	-
output level λ_1 [dBm]	8.00	7.00	19.00	4.50	19.00	4.50	19.00	4.50	17.50	17.00	3.00	-7.50	-8.04	RF-80dBuV
output level λ_2 [dBm]	8.00	7.00	19.00	4.50	19.00	4.50	19.00	4.50	17.50	17.00	3.00	-7.50	-8.04	RF-80dBuV
output RN λ_1 [dB(Hz-1)]	-158.10	-	13.00	-150.87	-150.87	-150.87	-150.87	-150.87	-149.06	-	-	-	-	-
output RN λ_2 [dB(Hz-1)]	-158.10	-	13.00	-150.87	-150.87	-150.87	-150.87	-150.87	-149.06	-	-	-	-	-
channel S/N1 [dB] note1	-153.00	-	-148.38	-	-145.03	-	-143.16	-	-141.88	-	-	-	-	37.11
channel S/N2 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43.37
channel S/N3 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.74

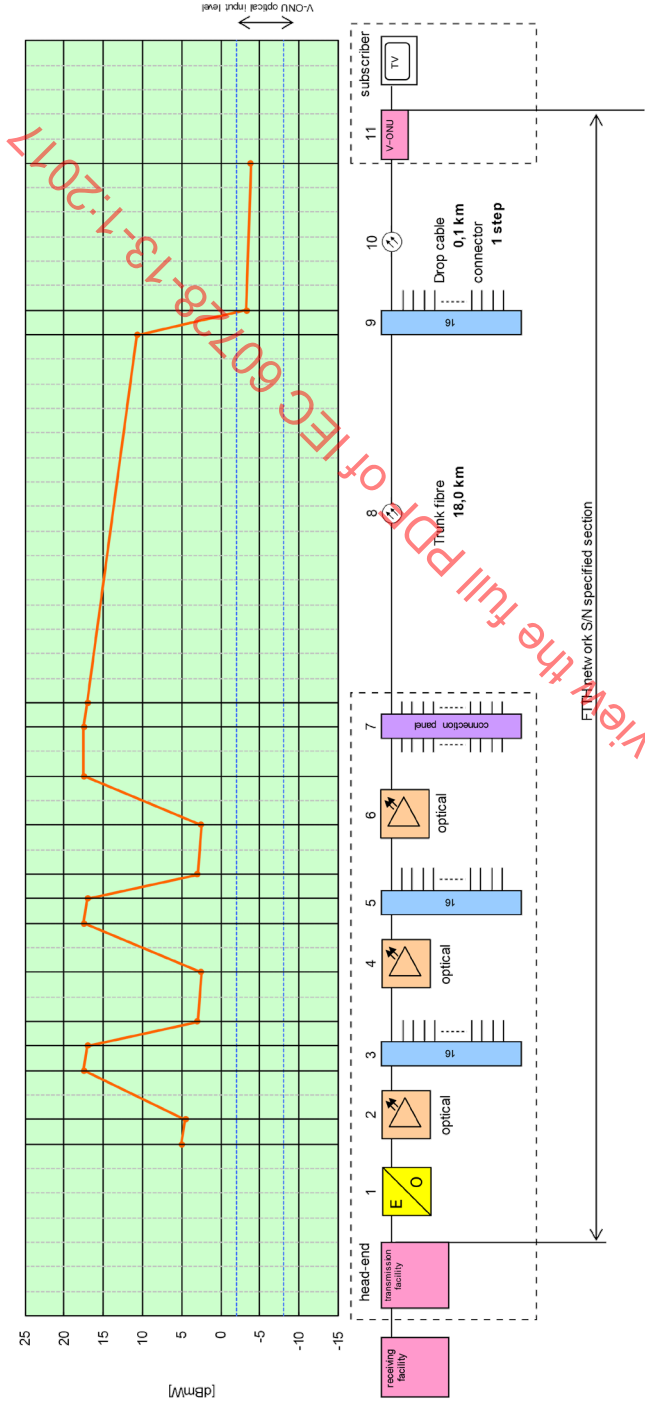
note 1: optical channel SN at the V-ONU RF output, which is calculated from RN of the optical transmitter and the amplifier. (RN degradation when λ_1 and λ_2 are received is considered.)
note 2: SN: OFDM/64QAM/256QAM/BS. (BS: SN) at V-ONU RF output, which is calculated from FTH network SN.
note 3: Gain (dB) depending on input power and wave length of the optical amplifier is NOT considered in the above calculation.

Anglais	Français
receiving facility	installation de réception
transmission facility	installation d'émission
head-end	tête de réseau
optical	optique
Trunk fibre	Fibre primaire
Drop cable	Branchement d'abonné
connector	connecteur
subscriber	abonné
V-ONU optical input level	Niveau d'entrée optique du V-ONU
FTTH network S/N specified section	S/N du réseau DFA dans la section spécifiée
item	élément
amplifier NF	NF de l'amplificateur
OMI/ch	OMI/v
E/O INPUT S/N	S/N ENTRÉE E/O
equipment	équipement
input level	niveau d'entrée
gain or loss	gain ou perte
output level	niveau de sortie
output RIN	RIN de sortie
Channel S/N1	S/N1 de la voie
Channel S/N2	S/N2 de la voie
Channel S/N3	S/N3 de la voie
transmitter	émetteur
WDM	MRL
amplifier	amplificateur
16 splitter	diviseur 16
8 splitter	diviseur 8

Anglais	Français
trunk	ligne primaire
drop cable	branchement d'abonné
note 1: optical channel S/N at the V-ONU RF output, which is calculated from RIN of the optical transmitter and the amplifier (RIN degradation when $\lambda 1$ and $\lambda 2$ are received is considered)	note 1: S/N de la voie optique à la sortie RF du V-ONU, calculé à partir de la RIN de l'émetteur optique et de l'amplificateur (la dégradation de la RIN à réception de $\lambda 1$ et $\lambda 2$ est prise en compte)
note 2: S/N(OFDM(64QAM):S/N1, 256QAM:S/N2, BS:S/N3) at V-ONU RF output, which is calculated from FTTH network S/N	note 2: S/N(OFDM(64QAM):S/N1, 256QAM:S/N2, BS:S/N3) à la sortie RF du V-ONU, calculé à partir du S/N du réseau DFA
note 3: Gain tilt depending on input power and wave length of the optical amplifier is NOT considered in the above calculation.	note 3: Le basculement du gain en fonction de la puissance d'entrée et de la longueur d'onde de l'amplificateur optique n'est PAS pris en compte dans le calcul ci-dessus.

Figure A.7 – Calcul des performances du système pour le modèle B

Modèle C CATV de type municipal, 3 étages d'EDFA, OMI: OFDM: 3,2 %, satellite (BS/CS): 3,0%
émetteur optique à modulation directe: 1 longueur d'onde (11 canaux numériques, 48 canaux satellites (BS/CS))



Item	
amplifier NF	6.2 dB
OMIch (OFDM/64QAM/BS/CS)	3.2 %
E/O INPUT SN (OFDM/64QAM/BS/CS)	27.0 dB
	16.0 dB

equipment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
input level [dBm]	RF-80dBuV	4.50	17.00	2.50	17.00	2.50	17.50	17.00	16 splitter	drop cable	V-ONU
gain or loss [dB]	-	13.00	-14.00	15.00	-14.00	15.00	-0.50	-6.30	-14.00	-3.30	-3.84
output level [dBm]	5.00	17.50	3.00	17.50	3.00	17.50	17.00	10.70	-3.30	-0.54	RF-80dBuV
output RIN[dB/Hz-1]	-155.00	-151.58	-148.88	-148.88	-147.23	-147.23	-	-	-	-	-
channel S/N1 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.00
channel S/N2 [dB] note1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.31

note 1: FTTH network SN at the V-ONU RF output, which is calculated from RIN of the optical transmitter and the amplifier

note 2: SN/OFDM/64QAM/BS/CS/SN1, BS/CS/SN2 at V-ONU RF output, which is calculated from FTTH network SN

Anglais	Français
receiving facility	installation de réception
transmission facility	installation d'émission
head-end	tête de réseau
optical	optique
Trunk fibre	Fibre primaire
Drop cable	Branchement d'abonné
connector	connecteur
subscriber	abonné
V-ONU optical input level	Niveau d'entrée optique du V-ONU
FTTH network S/N specified section	S/N du réseau DFA dans la section spécifiée
item	élément
amplifier NF	NF de l'amplificateur
OMI/ch	OMI/v
E/O INPUT S/N	S/N ENTRÉE E/O
equipment	équipement
input level	niveau d'entrée
gain or loss	gain ou perte
output level	niveau de sortie
output RIN	RIN de sortie
Channel S/N1	S/N1 de la voie
Channel S/N2	S/N2 de la voie
transmitter	émetteur
amplifier	amplificateur
16 splitter	diviseur 16
trunk	ligne primaire
drop cable	branchement d'abonné