

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.060.40

ISBN 978-2-8322-7054-7

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

CONTENTS

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

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

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

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

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

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

FOREWORD

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

IEC 60728-113 has been prepared by technical area 5: Cable networks for television signals, sound signals and interactive services, of IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia systems and equipment. It is an International Standard.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

This includes, for instance:

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

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

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

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

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

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

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

1 Scope

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

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

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

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

2 Normative references

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC 61280-1-1:2013, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 1-1: Test procedures for general communication subsystems – Transmitter output optical power measurement for single-mode optical fibre cable*

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

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

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

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

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

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

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

SOMMAIRE

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

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

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

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

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

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

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE DISTRIBUTION PAR CÂBLES POUR SIGNAUX
DE TÉLÉVISION, SIGNAUX DE RADIODIFFUSION SONORE
ET SERVICES INTERACTIFS –****Partie 113: Systèmes optiques pour la transmission de
signaux de radiodiffusion soumis à une charge
de porteuses exclusivement numériques**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60728-113 a été établie par le domaine technique 5: Réseaux câblés pour les signaux de télévision, signaux sonores et services interactifs, du comité d'études 100 de l'IEC: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

Cela comprend, par exemple:

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

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

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

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

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

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

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

1 Domaine d'application

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

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

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

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

2 Références normatives

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

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

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

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

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

IEC 60728-101:2016, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 101: Performances des systèmes de voie directe soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques*

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

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

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

IEC 61280-1-1:2013, *Procédures d'essai de base des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-1: Procédures d'essai des sous-systèmes généraux de télécommunication – Mesure de la puissance optique des émetteurs couplés à des câbles à fibres optiques unimodales*

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

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

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

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

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

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

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