

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 10: Performances des systèmes de voie de retour**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de
radiodiffusion sonore et services interactifs –
Partie 10: Performances des systèmes de voie de retour**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 33.060.40

ISBN 978-2-8322-1438-1

**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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, symbols and abbreviations.....	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Symbols.....	13
3.3 Abbreviations.....	14
4 Methods of measurement	14
4.1 General.....	14
4.2 Set-up of the network.....	15
4.3 Measurement of channel level.....	15
4.3.1 General	15
4.3.2 Equipment required	15
4.3.3 Connection of the equipment	16
4.3.4 Measurement procedure for digitally modulated carriers	16
4.3.5 Measurement procedure for intermittent digitally modulated carriers	17
4.3.6 Presentation of the results.....	18
4.4 Measurement of amplitude response variation	18
4.4.1 Background	18
4.4.2 Equipment required	18
4.4.3 Connection of the equipment	18
4.4.4 Calibration of equipment.....	18
4.4.5 Method of measurement	19
4.4.6 Presentation of the results	19
4.5 Measurement of signal to noise ratio ($S_{D,RF}/N$)	19
4.5.1 General	19
4.5.2 Equipment required	19
4.5.3 Connection of the equipment	19
4.5.4 Measurement procedure	19
4.5.5 Presentation of the results	20
4.6 Measurement of multiple interference	20
4.6.1 General	20
4.6.2 Equipment required	21
4.6.3 Connection of the equipment	21
4.6.4 Measurement procedure	21
4.6.5 Processing of the data	21
4.6.6 Presentation of the results	21
4.7 Measurement of impulse noise.....	22
4.7.1 General	22
4.7.2 Equipment required	22
4.7.3 Connection of the equipment	22
4.7.4 Measurement procedure	22
4.7.5 Processing of the data and presentation of the results	23

4.8	Measurement of echo ratio.....	23
4.8.1	General	23
4.8.2	Equipment required	24
4.8.3	Connection of the equipment	25
4.8.4	Measurement procedure	25
4.8.5	Presentation of the results	25
4.9	Measurement of group delay variation.....	25
4.10	Measurement of frequency error	26
4.10.1	General	26
4.10.2	Equipment required	26
4.10.3	Connection of the equipment	26
4.10.4	Measurement procedure	26
4.10.5	Presentation of the result.....	27
4.11	Measurement of bit error ratio (BER)	27
4.11.1	General	27
4.11.2	Equipment required	27
4.11.3	Connection of the equipment	28
4.11.4	Measurement procedure	28
4.11.5	Presentation of the results	28
4.12	Noise power ratio (<i>NPR</i>) measurement on return path	28
4.12.1	General	28
4.12.2	Equipment required	29
4.12.3	Connection of the equipment	29
4.12.4	Measurement procedure	30
4.12.5	Presentation of the results	31
4.12.6	Recommended correction factors.....	31
4.12.7	Precautions during measurement.....	32
4.12.8	<i>NPR</i> dynamic range.....	32
4.13	10-Tone measurement	33
4.13.1	General	33
4.13.2	Measurement principle.....	34
4.13.3	Measurement procedure	34
4.14	Modulation error ratio (<i>MER</i>) measurement on return path	35
4.14.1	General	35
4.14.2	Equipment required	36
4.14.3	Connection of the equipment	36
4.14.4	Measurement procedure	36
4.14.5	Presentation of the results	37
5	System performance requirements	37
5.1	General.....	37
5.2	Analogue parameters that influence the system performance.....	40
5.3	General requirements	42
5.3.1	Impedance.....	42
5.3.2	Maximum signal level	42
5.4	Specific system performance requirements	42
6	System performance recommendations – Return path bandwidth	45
6.1	Frequency allocation.....	45
6.2	Transmission quality in the return path frequency ranges.....	45
Annex A	(normative) Correction factors for noise	47

A.1	Signal level measurement	47
A.2	Noise level measurement	47
Annex B (normative)	Correction factor for a spectrum analyser	49
Annex C (normative)	Null packet and PRBS definitions	50
C.1	Null packet definition	50
C.2	PRBS definition	51
Bibliography		52
Figure 1	– Reference points of an active return path system (example)	15
Figure 2	– Time domain representation of an upstream burst with marker on the preamble of the DOCSIS signal	17
Figure 3	– Arrangement of test equipment for measurement of amplitude response variation	18
Figure 4	– Echo rating graticule	24
Figure 5	– Arrangement of test equipment for measurement of echo ratio	25
Figure 6	– Test set-up for frequency stability measurement	26
Figure 7	– Principle of BER measurement	27
Figure 8	– Band-pass and band-stop filters response	29
Figure 9	– <i>NPR</i> test set up	30
Figure 10	– <i>NPR</i> versus RF power density applied at input of optical transmitter and determination of <i>OMI</i> 100 %	31
Figure 11	– Example of the frequency response of the optional band-pass filter	31
Figure 12	– Example of <i>NPR</i> dynamic range	33
Figure 13	– Dynamic range plotted versus <i>NPR</i>	33
Figure 14	– Alternative <i>NPR</i> measurement principle	34
Figure 15	– Relationship between classical <i>NPR</i> method and multi-tone method	35
Figure 16	– Test set-up for modulation error ratio (<i>MER</i>) measurement	36
Figure 17	– Example of constellation diagram for a 64QAM modulation format	37
Figure 18	– Return path signals affecting forward path signals	38
Figure 19	– Forward path signals affecting return path signals	39
Figure 20	– Return path signals of service 1 affecting return path signals of a different service (e.g. service 2)	39
Figure 21	– Return path signals of a specific service (e.g. service 2) affecting return path signals of the same service	39
Figure 22	– Identification of the most common sub-bands within the return path band with limited transmission quality	46
Figure A.1	– Noise correction factor <i>CF</i> versus measured level difference <i>D</i>	48
Table 1	– Examples of the Nyquist bandwidth of digitally modulated carriers	16
Table 2	– Band-stop filter notch frequencies	29
Table 3	– Summary of the requirements for <i>MER</i> according to ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), (clause 6.2.22.3.2)	41
Table 4	– System performance requirements for different modulation techniques for <i>BER</i> = 10 ⁻⁴	43
Table 5	– Comparison of system performance parameters given in Table 4 with those given in ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), specifications	44

Table 6 – Return path frequency ranges	45
Table 7 – Reasons for quality reduction in sub-bands of the return path	45
Table A.1 – Noise correction factor	47
Table C.1 – Null transport stream packet definition	51

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE NETWORKS FOR TELEVISION SIGNALS,
SOUND SIGNALS AND INTERACTIVE SERVICES –****Part 10: System performance for return paths**

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 60728-10 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 third edition cancels and replaces the second edition published in 2005 and constitutes a technical revision.

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

- update on the state-of-the-art of return path transmission in cable networks;
- provisions for DOCSIS 3.0 and EuroDOCSIS 3.0 transmission standards;
- revision of subclause 4.3 on measurement of channel level;
- new subclause 4.12 for method of measurement of noise power ratio (NPR) on return paths;

- new subclause 4.13 for 10-tone measurements;
- new subclause 4.14 for method of measurement of modulation error ratio (*MER*);
- revision of subclause 5.2 on analogue parameters influencing system performance.

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

FDIS	Report on voting
100/2247/FDIS	100/2283/RVD

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

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

The list of all the parts of the IEC 60728 series 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014

INTRODUCTION

Standards and deliverables of 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 signal source inputs to the headend or other interface points to the network up to the terminal input 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.

Specific equipment installed in cable networks for the operation of such return paths is standardised in the relevant equipment standards. See IEC 60728-3, IEC 60728-4, IEC 60728-5, IEC 60728-6.

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

Part 10: System performance for return paths

1 Scope

This part of IEC 60728 specifies the transparent return path of cable networks operated in the frequency range between 5 MHz and 85 MHz or parts thereof. The upper frequency limit of the return path is reduced to 65 MHz where FM radio signals are transmitted in a cable network. Higher frequencies may be used in fibre based networks.

NOTE In addition, it is possible to use the frequency range from 0 MHz to 5 MHz for return path transmissions, for example for NMS or other control, monitoring and signalling purposes. Applications below 5 MHz are not covered by this standard.

Specifications of transmission systems (e.g. DOCSIS) are not within the scope of this standard.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60728 (all parts), *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services*

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

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

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

IEC 60728-12, *Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 12: Electromagnetic compatibility of systems*

ISO/IEC 13818-1:2007, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 1: Systems*

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

CLC/TR 50083-10-1:2009, *Guidelines for the implementation of return paths in cable networks*

ETSI ES 200 800, *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interaction channel for Cable TV distribution systems (CATV)*

ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), *Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Third Generation Transmission Systems for Interactive Cable Television Services – IP Cable Modems; Part 2: Physical Layer; DOCSIS 3.0*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

amplitude response variation

peak-to-peak variation in frequency amplitude response of a specified signal path over a specified frequency band

Note 1 to entry: The amplitude response variation is expressed in dB.

3.1.2

broadcast signal

signal comprising video and/or audio and/or data content distributed to several receivers simultaneously

3.1.3

CATV network

regional and local broadband cable networks designed to provide sound and television signals as well as signals for interactive services to a regional or local area

Note 1 to entry: Originally defined as Community Antenna Television network.

3.1.4

channel availability

percentage of the time during which the channel fulfils all performance requirements

Note 1 to entry: The duration of the observation time shall be published.

3.1.5

extended satellite television distribution network or system

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

Note 1 to entry: This kind of network or system can possibly 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.

3.1.6

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 possibly 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.

3.1.7

forward path direction

direction of signal flow in a cable network from the headend or any other central point (node) of a cable network to the subscribers' area

3.1.8**forward path**

part of a cable network by which signals are distributed in the forward path direction from the headend or any other central point (node) of a cable network to the subscribers' area

Note 1 to entry: The forward path was formerly referred to as downstream.

3.1.9**frequency error**

quality of supply evaluated on the basis of the actual frequency of an electrical system compared to its nominal value

Note 1 to entry: Frequency error consists of initial error, and short term and long term frequency stability.

3.1.10**headend**

equipment connected between receiving antennas or other signal sources and the remainder of the cable network, to process the signals to be distributed

Note 1 to entry: The headend may, for example, comprise antenna amplifiers, frequency converters, combiners, separators and generators.

3.1.11**hybrid fibre coaxial network****HFC**

cable network which is comprised of optical equipment and cables and coaxial equipment and cables in different parts

3.1.12**impulse noise**

noise caused by electromagnetic interference into cable networks

Note 1 to entry: Impulse noise is characterised by pulses with a duration of typically $<10 \mu\text{s}$.

3.1.13**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.

3.1.14**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 could also carry other signals for special transmission systems (e.g. MoCA or WiFi) in the return path direction.

3.1.15**ingress noise**

noise caused by electromagnetic interference into cable networks

Note 1 to entry: The power of the ingress noise decreases with increasing frequency. It is permanently present but it varies slowly in its intensity as a function of time.

3.1.16**interaction path**

part of a cable network by which interactive signals are transmitted in the forward path direction (from the headend or node to the subscriber) and in the return path direction (from the subscriber to the headend or node)

3.1.17

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)

3.1.18

location specific noise

noise which occurs at a specific area of a cable network or which occurs in a cable network located in a specific environment

3.1.19

MATV network

extended terrestrial television distribution networks or systems designed to provide sound and television signals received by terrestrial receiving antennas to households in one or more buildings

Note 1 to entry: Originally defined as master antenna television network.

Note 2 to entry: This kind of network or system can possibly be combined with a satellite antenna for the additional reception of TV and/or radio signals via satellite networks.

Note 3 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.

3.1.20

multiple interference

interfering signal which consists of at least two signals that originated from at least two different sources

Note 1 to entry: On return path the multiple interference consists of ingress noise and intermodulation distortion products.

3.1.21

multimedia signal

signal comprising two or more different media contents, for example, video, audio, text, data, etc.

3.1.22

network management system

NMS

software based system for controlling and supervising cable networks

3.1.23

network segment

part of a cable network comprising a set of functions and/or a specific extent of the complete cable network

3.1.24

network termination

electrical termination of a cable network at any outlet on subscribers' side and headend or node side

3.1.25

node

central point of a network segment at which signals can be fed into the forward path or can be gathered from a number of subscribers out of the return path

3.1.26

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

3.1.27**return path**

part of a cable network by which signals are transmitted in the return path direction from any subscriber, connected to the network, to the headend or any other central point (node) of a cable network

Note 1 to entry: The return path was referred to as upstream before.

3.1.28**return path direction**

direction of signal flow in a cable network from a subscriber to the headend or any other central point (node) of a cable network

3.1.29**SMATV network**

extended distribution networks or systems designed to provide sound and television signals received by satellite receiving antennas to households in one or more buildings

Note 1 to entry: Originally defined as satellite master antenna television network.

Note 2 to entry: This kind of network or system can possibly be combined with terrestrial antennas for the additional reception of TV and/or radio signals via terrestrial networks.

Note 3 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.

3.2 Symbols

The following graphical symbols are used in the figures of this standard. These symbols are either listed in IEC 60617, IEC 60417 or based on symbols defined in IEC 60617.

Symbols	Terms	Symbols	Terms
	Optical receiver [IEC 60617-S00213 (2001-07)]		Electrical spectrum analyzer [IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Test waveform generator [IEC 60617-S01225 (2001-07)]		Passive distribution network [IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Variable signal generator [IEC 60617-S00899 (2001-07), IEC 60617-S01403 (2001-09), IEC 60617-S00081 (2001-07)]		Oscilloscope [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00922 (2001-07)]
	Variable attenuator [IEC 60617-S01245 (2001-07)]		Low pass filter [IEC 60617-S01248 (2001-07)]
	High pass filter [IEC 60617-S01247 (2001-07)]		System under test/ Network under test [IEC 60617-S00060 (2007-07)]
	Demodulator [IEC 60417-5260 (2002-10)]		Modulator [IEC 60417-5261 (2002-10)]
	Amplifier with return path amplifier [IEC 60617-S00433 (2001-07)]		Bit error rate detector [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]

3.3 Abbreviations

The following abbreviations are used in this standard:

BER	bit error ratio	BW	bandwidth, equivalent noise bandwidth
CATV	community antenna television	CB	citizen band
CIN	composite intermodulation noise	CM	cable modem
<i>C/MI</i>	carrier-to-multiple interference ratio	CMTS	cable modem termination system
C/N	carrier-to-noise ratio	DVB	digital video broadcasting
EMC	electromagnetic compatibility	FM	frequency modulation
FSK	frequency shift keying	HFC	hybrid fibre coaxial
HNI	home network interface	IF	intermediate frequency
ISM	industrial, scientific, medical	LPF	low-pass filter
MATV	master antenna television (network)	<i>MER</i>	modulation error ratio
MoCA	multimedia over cable alliance	NMS	network management system
NPR	noise power ratio	NUT	network under test
OFDM	orthogonal frequency division multiplexing	OMI	optical modulation index
PRBS	pseudo random binary sequence	QAM	quadrature amplitude modulation
QPSK	quaternary phase shift keying	RF	radio frequency
RMS	root mean square	RBW	resolution bandwidth
S	signal level, before corrections	SCDMA	synchronous code division multiple access
SL	signal level (corrected)	SMATV	satellite master antenna television (network)
<i>S/N</i>	signal-to-noise ratio	$S_{D,RF}/N$	signal-to-noise ratio (RF digital signal)
SUT	system under test	TDMA	time division multiple access
TV	television	WiFi	wireless fidelity

4 Methods of measurement

4.1 General

An active return path carries typically only return signals. A passive return path can be used for both return and forward signals.

This standard lays down the basic methods of measurement for signals typically used in the return path of cable networks in order to assess the performance of those signals and their performance limits.

All requirements refer to the performance limits, which shall be obtained between the reference points (Figure 1) of the return path system.

One reference point is the network termination unit (NTU) close to the home network interface HNI or to the subscriber system outlet (SO). It is the last point where all forward and return signals are present and carried on the same cable. If no network termination unit exists, the reference point is the HNI or the system outlet.

The other reference point is the input of the return signal receiver (or transceiver) in the CMTS. At this point, the transparent signal path ends and beyond this point, the signal is treated in a non-transparent way. The return signal receiver can be situated at the headend but can also be at the node of the coaxial cell or at any other point of the network (where the CMTS is located).

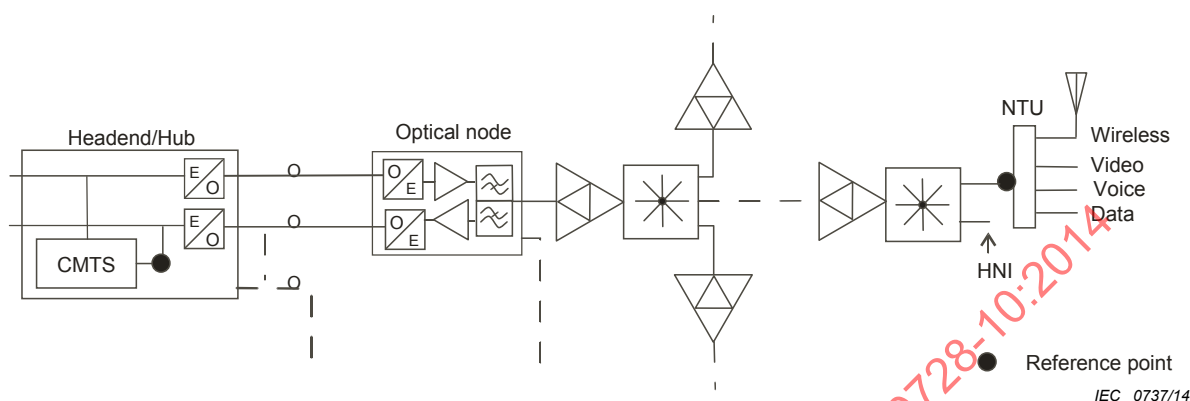


Figure 1 – Reference points of an active return path system (example)

In addition to the system performance requirements for the transparent return path, system performance recommendations were laid down in this standard. This includes, for example, the overall frequency allocation, the use of specific modulation techniques for different interactive multimedia services or different sub-bands within the return path frequency range, etc.

4.2 Set-up of the network

Although the main target of this clause is to describe the measurement methods for the performance of the return path, it is very important to do this on a properly aligned network plant. Clause 8 “Installation and maintenance” of CLC/TR 50083-10-1:2009 is referenced where the signal level adjustment is described in detail for the forward path and the return path directions.

4.3 Measurement of channel level

4.3.1 General

The method described is applicable to the measurement of the channel level of digitally modulated carriers and the channel level of intermittent digitally modulated carriers. The channel level of a digitally modulated carrier is the RMS voltage of a sinusoidal signal that would produce the same heating in a $75\ \Omega$ resistor as does the actual signal. For an intermittent digitally modulated channel, that occupies one assigned time slot in a time division multiple access (TDMA) sequence of time slots, the level to be considered shall be the equivalent level as if the signal being measured (any one of the multiple signals included in the total sequence) was transmitted continuously.

NOTE The terms “Signal level, carrier level, channel level, carrier power and channel power” are often used as synonyms. For a continuous wave signal the term “carrier level” is the most appropriate. When the carrier is modulated with digital information, the most suitable terms are “channel level” or “channel power”. Systems in the return path are loaded with modulated carriers, which in most cases are digitally modulated carriers.

4.3.2 Equipment required

The equipment required is a spectrum analyzer having a known noise bandwidth and a calibrated display. The calibration accuracy should be preferably within 0,5 dB.

4.3.3 Connection of the equipment

Connect the measuring equipment to the point where the measurement shall be performed by using a suitable connection lead. Take care to ensure correct impedance matching.

4.3.4 Measurement procedure for digitally modulated carriers

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) if a high level ambient field is present, check that the measuring equipment has no spurious readings. Connect a shielded termination to the connection lead, place the test equipment and the connection lead approximately in their measuring positions and check that there is a negligible reading at the frequency/frequencies and on the meter ranges to be used;
- b) tune the spectrum analyzer to the channel that shall be measured (by selecting the centre frequency of the spectrum analyzer) and select the span and level settings to show the whole channel. Examples of the Nyquist bandwidth of digitally modulated carriers are given in Table 1;

Table 1 – Examples of the Nyquist bandwidth of digitally modulated carriers

Type of digital channel Mbit/s	Nyquist bandwidth MHz
QPSK 0,256	0,128
QPSK 0,288	0,187 5
QPSK 0,576	0,375
QPSK 1,152	0,750
QPSK 1,544	0,772
QPSK 2,304	1,500 0
QPSK 3,088	1,544
QPSK 4,608	3,000
16 QAM 12,8	3,200 0
64 QAM 30,7	6,400 0

- c) set the resolution bandwidth (RBW) of the spectrum analyzer to 30 kHz (or lower than one tenth of the equivalent bandwidth) and the video bandwidth to 1 kHz (or lower to obtain a smooth display). Use an RMS-type detector;
- d) measure the signal level (S) at the centre frequency of the channel in dB(μV);
- e) measure the –3 dB frequencies of the channel. The difference between these two frequencies is assumed to be the equivalent signal bandwidth (BW);

NOTE This measurement is important for the QPSK modulation format where the equivalent signal bandwidth depends on the bit rate of the transmitted signal and the inner code rate used.

- f) calculate the signal level (SL) by using formula:

$$SL = S + 10 \lg (BW / RBW) + K$$

The correction factor (K) depends on the measuring equipment used and shall be provided by the manufacturer of the measuring equipment or obtained by calibration. The value of the correction factor for a typical spectrum analyzer is about 1,7 dB (see Annex B).

If the measuring equipment can display the level in dB(mW/Hz), the correction factor K is not needed and the level (SL) in dB(mW) can be obtained from the measured level (S) by using the formula:

$$SL = S + 10 \lg (BW)$$

NOTE This measuring method actually measures the $S + N$ level. The contribution of noise is considered negligible if the level of noise outside the equivalent channel bandwidth is at least 15 dB lower than the measured level (S).

4.3.5 Measurement procedure for intermittent digitally modulated carriers

4.3.5.1 TDMA transmission

In the TDMA transmission mode, the amplitude of the upstream digitally modulated signal's preamble, which is equal to the signal's average power, shall be measured.

The spectrum analyser, tuned at the centre frequency of the channel, is set to the zero span mode and a display similar to that shown in Figure 2 is obtained.

The channel level is obtained reading the peak (marker) of the displayed envelope of the signal's preamble.

Due to the intermittent mode transmission, the Max Hold function shall be activated, in order to allow the spectrum analyser to catch transient signals such as cable modem return path channel bursts. The spectrum analyser displays the highest level measured and holds it until the trace is cleared. If different cable modems are transmitting on the same frequency with different levels, the highest channel level will be displayed.

4.3.5.2 SCDMA transmission

In the SCDMA transmission mode, data are transmitted using a spreading code. During one burst, spread signals from different codes are summed. The channel level of the composite signal depends on the number of codes used at the same time. A small number of codes results in a low channel power. An accurate measurement of the channel level can be obtained when all possible codes are used during the same burst. The Max Hold function on the spectrum analyser shall be activated in order to measure the channel level with reasonable accuracy, if all possible codes are used during the measured bursts.

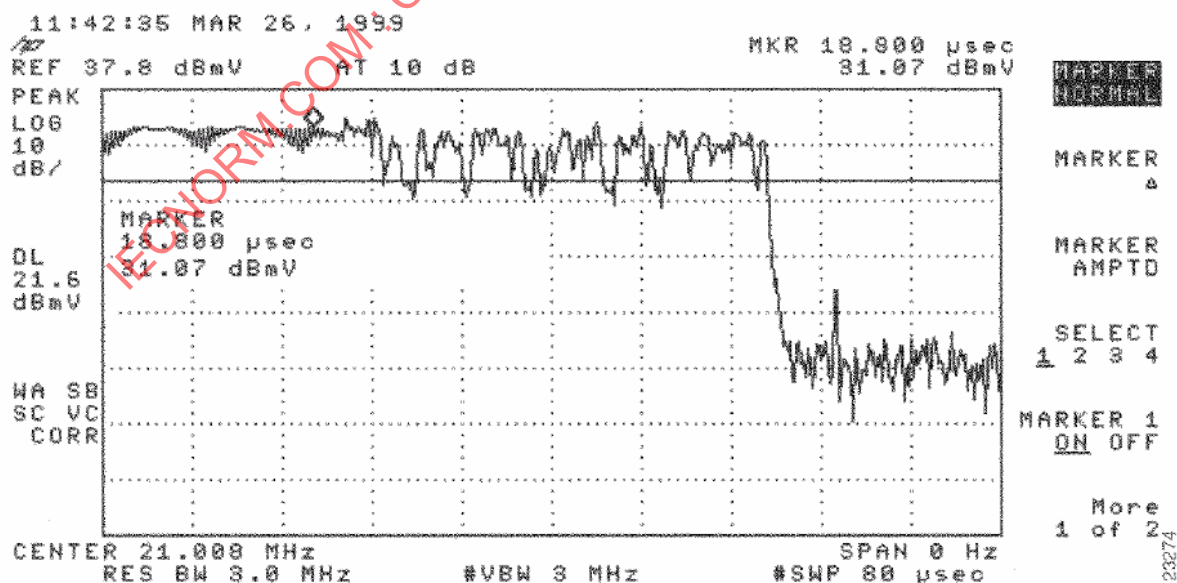


Figure 2 – Time domain representation of an upstream burst with marker on the preamble of the DOCSIS signal

4.3.6 Presentation of the results

The measured level shall be expressed in dB(μ V) referred to 75 Ω .

4.4 Measurement of amplitude response variation

4.4.1 Background

There are a number of pieces of test equipment commercially available which are specifically designed for this purpose. However, since these may not be generally available, the generic method of measurement, which is described here, uses test equipment that is normally used in service by CATV engineering staff.

Note that the proposed method of measurement cannot be used in networks during normal operation.

4.4.2 Equipment required

The following pieces of equipment are required:

- all equipment and cables needed for this method of measurement shall have 75 Ω impedance (with matching attenuators if required);
- a signal generator covering at least 3 MHz to 90 MHz. This should have an output level of at least 114 dB(μ V) and shall be capable of sweeping automatically;
- a spectrum analyzer covering the frequency range of interest. This shall have a peak hold and storage facility and be capable of sweeping at a slow speed (greater than 30 s for a horizontal trace);
- a calibrated attenuator, which can be changed in 1 dB steps. This shall be suitable for the frequency range of interest and may be built into the spectrum analyzer;
- a plotter or printer, which can be used to store the spectrum analyzer screen trace. This is optional but desirable.

4.4.3 Connection of the equipment

Equipment shall be connected as shown in Figure 3.

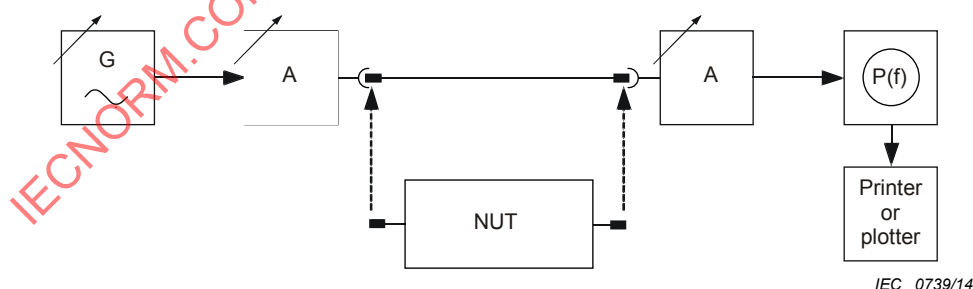


Figure 3 – Arrangement of test equipment for measurement of amplitude response variation

4.4.4 Calibration of equipment

The calibration procedure comprises the following steps.

- Set the sweep generator to cover the frequency range to be measured and the output to the design reference level.
- Set the sweep time to 50 ms or less.

- c) Connect the sweep output from the generator to the input of the spectrum analyzer. Calibrated variable attenuators may be required if these are not built into the spectrum analyzer.
- d) Adjust the analyzer display so that the sweep is on the screen with the vertical resolution set to 1 dB per division. The frequency span should be set to sweep at least 2 MHz above and below the range of interest.
- e) Set the resolution bandwidth (RBW) of the spectrum analyzer to 1 MHz and the video bandwidth to 100 kHz. Adjust the analyzer sweep time to 50 s or greater.
- f) Set the display to "maximum hold" and single sweep. Clear the screen.
- g) Trigger the analyzer and capture the reference sweep on screen. Record the result. Where the spectrum analyzer has a "normalise" function this may be used at this point.
- h) Increase the path loss by 1 dB and repeat step g). Repeat to obtain calibration lines from 0 dB to -10 dB.
- i) Return the attenuator to the initial setting (0 dB calibration).

4.4.5 Method of measurement

Connect the analyzer and sweep generator to the network points to be measured. Ensure that both the sweep injection level and analyzer input levels are at the correct settings. Repeat the single sweep and plot the result. The amplitude response variation can be read from the final plot.

4.4.6 Presentation of the results

The amplitude response variation is expressed in dB as the maximum to minimum excursion. The injection and measurement points shall be stated together with the frequency limits.

4.5 Measurement of signal to noise ratio ($S_{D,RF}/N$)

4.5.1 General

The $S_{D,RF}/N$ measurement of a digital television channel is described in IEC 60728-1. The same method can be used also on the return path. A noise bandwidth, which is applicable for the channel under test, shall be used.

This standard describes a method of measurement for channels, which have a frequency spectrum with a suppressed carrier (e.g. QPSK or QAM modulated channels). The signal to noise ratio ($S_{D,RF}/N$) of such a channel is the modulated channel power divided by the channel noise power. The channel noise power is the power of the noise, which is present within the whole bandwidth of the modulated channel.

Ingress noise may interfere with $S_{D,RF}/N$ measurements. To minimise the influence of ingress noise $S_{D,RF}/N$ should be measured at frequencies above 15 MHz or at frequencies for which the return service is designed.

4.5.2 Equipment required

The equipment required is a spectrum analyzer having a known noise bandwidth and a calibrated display. The calibration accuracy should be preferably within 0,5 dB.

4.5.3 Connection of the equipment

Connect the measuring equipment to the point where the measurement shall be performed by using a suitable connection lead. Take care to ensure correct impedance matching.

4.5.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps.

- a) Tune the spectrum analyzer to the channel that shall be measured (by selecting the centre frequency of the spectrum analyzer) and select the span and level settings to show the whole channel.
- b) Set the resolution bandwidth (*RBW*) of the spectrum analyzer to 30 kHz (or lower than one tenth of the equivalent bandwidth) and the video bandwidth to 1 kHz (or lower to obtain a smooth display). Use an RMS-type detector.
- c) Read the level of the signal (*S*) at the centre frequency of the channel in dB(μV) or in dB(mW) using the display line cursor if this feature is available.
- d) Switch-off the channel at the input of the system or by terminating the input port with a matched impedance. If necessary, fine-tune the centre frequency of the spectrum analyzer to avoid ingress carriers. Otherwise, use the same settings of the spectrum analyzer as described in b) and read the noise level (*N*) in dB(μV) or in dB(mW). If the signal cannot be switched off during measurements, measure the noise level at a frequency which is close to the channel and includes only Gaussian noise.
- e) The spectrum analyzer should have a noise level which is more than 10 dB lower than the measured noise level (*N*). Check it by terminating the input of the spectrum analyzer. If the difference between *N* and spectrum analyzer noise is 3 dB to 10 dB, correct the value of *N* as advised in Annex B.
- f) Calculate the signal to noise ratio $S_{D,RF}/N$ by using the following formula:

$$S_{D,RF}/N = S - N$$

where

$S_{D,RF}/N$ is the signal-to-noise ratio in dB;

S is the signal level in dB(μV) or in dB(mW);

N is the noise level in dB(μV) or in dB(mW).

4.5.5 Presentation of the results

The measured signal to noise ratio $S_{D,RF}/N$ shall be expressed in decibels.

4.6 Measurement of multiple interference

4.6.1 General

The multiple-interference consists of ingress noise and intermodulation distortion products. It is measured with a spectrum analyzer. For 24 h, the interference spectrum is stored in a data memory every 10 s.

As forward path signals may cause distortion products in the return band, the measurement shall be made in a network, which has all the forward channels in operation and no signals on the return path. Alternatively (to verify that the distortion caused by the return path signals is insignificant), measure with all the forward and return channels, except the channel to be measured, in operation.

As field strength at the return band frequencies depends on many variables (e.g. weekday-weekend, summer-winter, sunspot cycles, etc.), one 24 h test may not give reliable results. It is recommended to repeat the measurement in different conditions.

In order to be able to compare multiple interference with impulse noise, both should be measured simultaneously.

CLC/TR 50083-10-1:2009, Annex A1 gives a brief overview of multiple interference causes, explains with more details the measurement procedure indicated below and gives ideas on how to extract information from the collected data. For example, the computation of the following graphs is described:

- spectrograms;
- average, minimum and maximum levels in the spectrum analyzer resolution bandwidth versus frequency;
- percentile analysis;
- temporal occurrence and frequency occurrence of threshold crossing.

4.6.2 Equipment required

A spectrum analyzer with a suitable data interface is used. The measurement set-up shall be stand-alone so that the measurement results are automatically stored during the measurement day.

4.6.3 Connection of the equipment

Connect the measuring equipment to the point where the measurement shall be performed by using a suitable connection lead. Take care to ensure correct impedance matching.

To verify the quality of the return path, connect the measurement equipment to the reference point at the headend or node side.

4.6.4 Measurement procedure

Every hour of the day, measure the frequency spectrum using the following settings:

- resolution bandwidth: 3 kHz;
- video bandwidth: 100 Hz;
- start and stop frequency: as required;
- detector type: peak.

Every 10 s of the day, measure the frequency spectrum using the following settings:

- resolution bandwidth: 30 kHz;
- video bandwidth: 10 kHz;
- start and stop frequency: as required;
- detector type: peak.

4.6.5 Processing of the data

To interpret the data, the spectral power density shall first be integrated over the selected modulation channels (e.g. 1,544 MHz according to ETSI ES 200 800 grade C). The power level in the channel is converted to a voltage level over 75 Ω .

Determine the signal level of each channel and calculate the percentage of samples, which fulfil the carrier-to-multiple interference ratio (C/M) requirement for each channel.

4.6.6 Presentation of the results

The carrier-to-multiple interference ratio shall be determined for each channel separately. Good approximation of channel availability is expressed in percent of the time, during which the C/M ratio (in dB) of the channel fulfils the relevant performance requirement.

In order to repeat measurements later and to be able to compare results, the following parameters should be stated together with the results:

- C/M requirement used;
- channel centre frequency;

- channel bandwidth (integration BW);
- signal level;
- measurement site;
- network set-up;
- measurement date and start and stop time;
- duration of measurement;
- other parameters which are expected to affect the result (e.g. temperature).

4.7 Measurement of impulse noise

4.7.1 General

Impulse noise shall be measured with a digitising oscilloscope. For 24 h, samples of the impulse noise are collected and stored in a data memory. By using the collected samples, it is possible to calculate pulse amplitude, pulse width and interarrival distributions. These data are used to evaluate the influence of impulse noise to different services.

The impulse noise measurement shall be made when the return path is not in use.

Impulse noise is of wide bandwidth. A high-pass filter ($f_{-3dB} = 15$ MHz, -12 dB/octave, high-pass) can be used at the measurement set-up input to simulate the input filter of a return path signal receiver.

As impulse noise depends on many variables (e.g. weekday/weekend, summer/winter, etc.) one 24-h test may not give reliable results. It is recommended to repeat the measurement in different conditions.

In order to be able to compare impulse noise with multiple interference, both should be measured simultaneously.

4.7.2 Equipment required

A digitising oscilloscope of negligible distortion up to 50 MHz and equipped with a suitable data interface and input filter (as described in 4.6.1) is used. The measurement set-up shall be stand-alone so that the measurement results are automatically stored during the measurement day.

4.7.3 Connection of the equipment

Connect the measuring equipment to the point where the measurement shall be performed by using a suitable connection lead. Take care to ensure correct impedance matching.

To verify the quality of the return path, connect the measurement equipment to the reference point at the headend or node side.

4.7.4 Measurement procedure

The oscilloscope is triggered when the input signal reaches a threshold value. The threshold value shall be higher than the noise level of the oscilloscope and higher than the ingress noise level. A suitable threshold value triggers the oscilloscope every 2 s to 10 s. All impulse noise traces and starting times are stored in a data memory.

Trace length shall be 100 μ s. Sample time shall be 10 ns (corresponding to an upper frequency limit of 50 MHz).

4.7.5 Processing of the data and presentation of the results

By using stored impulse noise data, it is possible to analyse what is the probability, that impulse noise causes an uncorrected error in transmission.

In order to repeat measurements later and to be able to compare results, the following parameters should be stated together with the results:

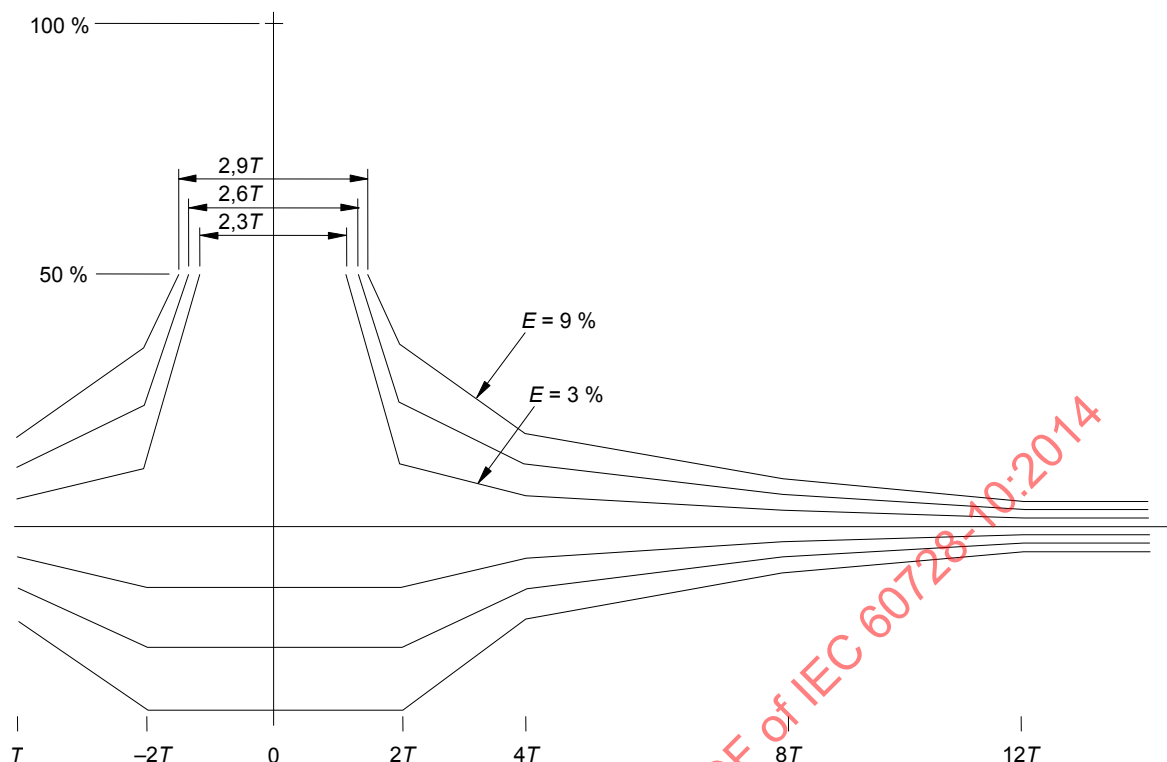
- algorithm which was used for calculating the error probability;
- any filter (if used at the measurement set-up input);
- signal level;
- measurement site;
- network set-up;
- measurement date and start and stop time;
- duration of measurement;
- other parameters which are expected to affect the result (e.g. temperature).

4.8 Measurement of echo ratio

4.8.1 General

The method described is applicable to the measurement of the amplitude and time displacement of an echo at a specified point within a cable network by the use of a 2T-sine-squared pulse with the graticule as shown in Figure 4. From these measurements, an "echo-rating" is derived.

NOTE This method of measurement is mainly applicable to cable networks where analogue signal transmission is used also in the return path.



IEC 0740/14

$\pm T$	Maximum amplitude for a given E rating (%)		
	3	6	9
0	+100, -12	+100, -24	+100, -36
2	± 12	± 24	± 36
4	± 6	± 12	± 18
8	± 3	± 6	± 9
12	$\pm 1,5$	± 3	$\pm 4,5$

Figure 4 – Echo rating graticule

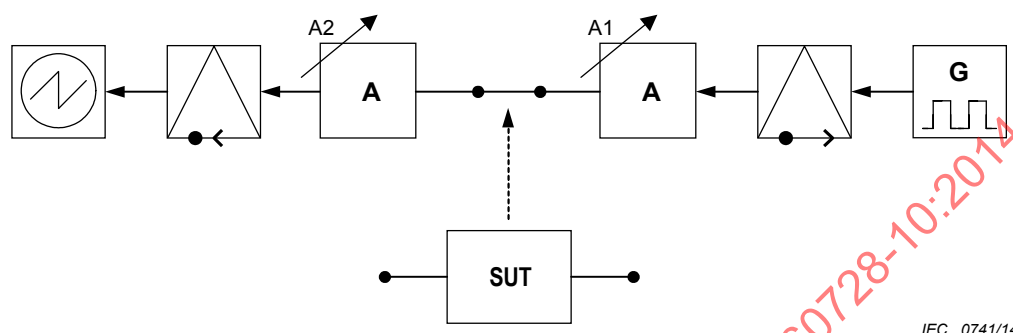
4.8.2 Equipment required

The test set-up shall be well-matched and shall consist of

- a test waveform generator providing a sine-squared pulse of half amplitude duration equal to $2T$, where $T = 100$ ns is the length of time; the test signals are in accordance with ITU-R BT.470,
- a modulator having RF characteristics (excluding sound) appropriate to the television system under consideration (see ITU-R Recommendation BT.470) and input characteristics to suit the generator in item a),
- a synchronous demodulator having characteristics appropriate to the television system is under consideration,
- two attenuators variable in 1 dB steps,
- an oscilloscope of negligible distortion up to 5 MHz, fitted with a graticule as shown in Figure 4.

4.8.3 Connection of the equipment

The equipment shall be connected as in Figure 5. The test waveform generator and modulator are connected to the reference point at the HNI (Figure 1) close to a subscriber. The demodulator and oscilloscope are connected to the headend side reference point at the input to the CMTS (Figure 1). The measuring equipment shall be connected taking care to maintain correct impedance matching.



IEC 0741/14

Figure 5 – Arrangement of test equipment for measurement of echo ratio

4.8.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the steps as listed below.

- Connect the test equipment to the system as shown in Figure 5.
- Adjust the oscilloscope time-base speed to correspond with the T-scale on the graticule. Adjust the vertical gain and position controls to "fit" the pulse between the zero line and the pulse peak reference point. Examine the performance of the test equipment (control loop), which shall be such that an E-rating of not greater than 3 % is achieved.
- Adjust the variable attenuator A1 to provide an input signal to the system at a level equal to that at which it normally operates. Adjust the attenuator A2 to provide an input signal to the demodulator equal to that used in step b) of this subclause.
- Using the graticule as a reference, as before, determine the E-rating for each echo and note that of the echo with the highest rating.
- Using the horizontal shift control of the oscilloscope slowly move the display to the left and examine any long-distance echoes. These should be rated using the parallel section of the graticule at the extreme right. Note the highest rating.
- The E-rating for the system is the higher of the two figures noted in steps d) and e) of this subclause.

NOTE This result will not be that of the system alone. It is modified by the inherent distortion in the test equipment, usually due to group delay errors.

4.8.5 Presentation of the results

The result of the measurement of the echo shall be presented as echo ratio, expressed in percent. The value in percent is the amplitude of the strongest echo (positive or negative) compared to the peak amplitude of the 2T-pulse.

4.9 Measurement of group delay variation

It is technically difficult to measure the group delay variation in a network. As the group delay variation is caused by the return path band pass filters and other network components, a practical way to analyse a network is to analyse these components. Measuring the group delay variation of an individual component is described in IEC 60728-5. The combined effect of the components is the sum of the group delay variation in each component.

NOTE 1 Defect components can cause additional group delay variation in a network. Such defective components can be found by using an amplitude response measurement.

NOTE 2 If a measurement of group delay variation in a network is needed, a signal with known phase behaviour is sent over the network. A pulse train (pulse width of 15 ns for measurement up to 60 MHz) is a suitable test signal. The pulse is received with an oscilloscope and stored in a computer memory. To determine the relative group delay variation an FFT (Fast Fourier Transform) of both transmitted and received pulses is calculated.

4.10 Measurement of frequency error

4.10.1 General

If the frequency of the received signal is outside the capturing range of the receiver, the demodulator cannot lock to the signal. This measuring method is able to provide an indication of frequency error of an oscillator used in an equipment of the cable network (i.e. in a frequency converter).

4.10.2 Equipment required

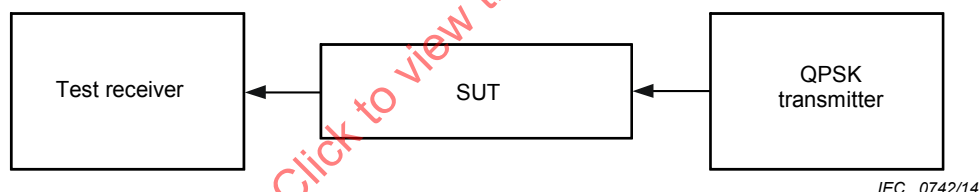
The following equipment is required:

- a) QPSK transmitter;
- b) test receiver.

4.10.3 Connection of the equipment

The measuring set-up for the frequency stability measurement is shown in Figure 6.

The measuring equipment shall be connected taking care to ensure correct impedance matching.



IEC 0742/14

Figure 6 – Test set-up for frequency stability measurement

4.10.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) modulate the QPSK transmitter with the PRBS signal;
- b) set the carrier frequency of the QPSK transmitter to the channel where the measurement shall be performed;
- c) adjust the carrier level of the QPSK transmitter to obtain the same level at the system output as in normal operation;
- d) tune the test receiver to the channel that shall be measured. After locking to the carrier frequency, the test receiver shows the regenerated carrier frequency;
- e) the frequency error is the difference between the original carrier frequency of the modulator and the regenerated carrier frequency of the demodulator.

Remarks

- 1) If a frequency conversion causes frequency offset between the nominal input frequency and the nominal output frequency, the nominal value of the frequency offset has to be subtracted from the measured frequency difference.

- 2) To minimise errors in the frequency measurement, the measurement of the frequency error can be done by measuring the difference between the regenerated frequencies at the system input and output.
- 3) The above measuring method of frequency error can also be used for QAM modulated signals, replacing the QPSK transmitter with a QAM transmitter and using a test receiver able to demodulate QAM signals.

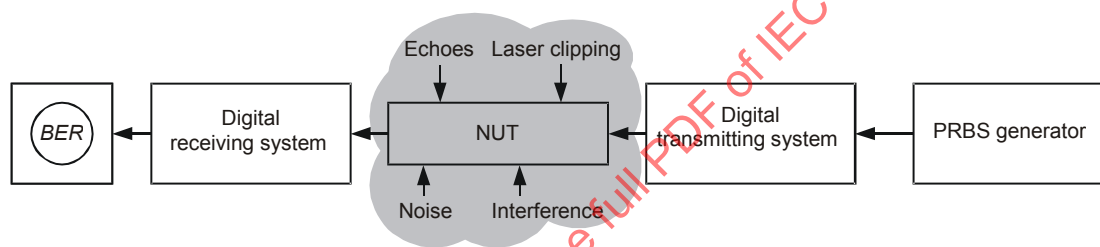
4.10.5 Presentation of the result

The measured frequency error is expressed in kilohertz (kHz) referred to the nominal carrier frequency.

4.11 Measurement of bit error ratio (BER)

4.11.1 General

BER is the primary parameter, which describes the quality of the digital transmission link. BER is defined as the ratio between the number of erroneous bits and the total number of transmitted bits during a determined elapsed time.



IEC 0743/14

Figure 7 – Principle of BER measurement

This measuring method applies to the measurement of BER of digitally modulated signals using QPSK or QAM format. The measuring equipment consists of a generator which produces a pseudo random binary sequence (PRBS) (see Annex C). This PRBS is fed to the digital transmitting system as a data stream as shown in Figure 7. The interference, echoes and noise on the transmission link influence the signal demodulated and decoded by a digital receiver.

The pseudo random binary sequence should be as long as possible in order to provide a largely continuous spectrum for all data rates used. In digital transmission systems, sequences having the lengths $2^{15}-1$ or $2^{23}-1$ are generally used. The BER counter shall be able to synchronise itself to the PRBS used.

No error correction shall be used for this measurement.

Because any forward path or return path signal may interfere with the channel under test, all channels of the system shall be in normal use, except the channel under test.

As interference depends on many variables (e.g. weekday/weekend, summer/winter, etc.), also BER depends on those variables and one 24-h test may not give reliable results. It is recommended to repeat the measurement in different conditions.

NOTE This method of measurement is also applicable to other types of modulation if suitable types of modulators and demodulators are used.

4.11.2 Equipment required

The following equipment is required:

- a) PRBS generator (see Annex C);
- b) QPSK/QAM modulator with a serial input interface for the PRBS data stream;
- c) RF signal up-converter;
- d) RF signal tuner;
- e) QPSK/QAM demodulator with a specified equaliser and a serial output interface for the PRBS data stream;
- f) BER counter connected to the serial output interface of the demodulator.

4.11.3 Connection of the equipment

The measuring set-up for BER measurement is shown in Figure 7. The digital transmitting system consists of the QPSK-/QAM-modulator and the subsequent RF signal up-converter. The digital receiving system is composed of the RF signal tuner and the QPSK-/QAM-demodulator.

The measuring equipment shall be connected taking care to ensure correct impedance matching.

4.11.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) apply the PRBS generator at the serial input interface of the modulator to obtain the QPSK or QAM modulation format;
- b) set the carrier frequency of the RF signal up-converter to the channel where the measurement shall be performed;
- c) adjust the carrier level of the RF signal up-converter to obtain the same signal level as in normal operation;
- d) tune the RF signal tuner in the digital receiving system to the channel at which the measurement shall be performed;
- e) switch on the modulation and measure the BER counting the error bits for a sufficiently long time (to count at least 100 error bits) and divide the number of erroneous bits by the total number of the transmitted bits. The result is the BER;
- f) due to ingress noise, the BER measurement is repeated every 15 min for 24 h.

4.11.5 Presentation of the results

The maximum measured BER is indicated. The types of the transmitter, receiver, demodulator and adaptive equaliser shall be stated with the result.

4.12 Noise power ratio (*NPR*) measurement on return path

4.12.1 General

The noise power ratio (*NPR*) testing is a valuable tool for the characterization of the non-linearity behaviour of the HFC return path components and sub-systems. The *NPR* is a measure for the amount of noise and intermodulation distortion in the return path of optical links between fibres nodes and headend/hubsite equipment. A test signal comprised of a flat Gaussian noise band limited to the frequency range of interest and with a narrow band (channel) of the noise deleted by a notch filter, is injected into the system under test (SUT). The *NPR* is measured at the output of the SUT as the test signal is swept across a power range.

This test is able to define the total amount of RF power that can be transferred in a linear fashion whilst maintaining sufficient noise performance margins.

NOTE This measuring method is similar to that described in IEC 60728-3 for equipment, where the composite intermodulation noise ratio (CINR) is considered instead of *NPR*.

4.12.2 Equipment required

The equipment required is:

- a white Gaussian noise signal generator covering the return path frequency band;
- a filter to shape the noise as shown in Figure 8 for frequencies as given in Table 2.

Table 2 – Band-stop filter notch frequencies

Frequency range f_{low} to f_{high}	Notch frequencies f			
MHz	MHz	MHz	MHz	MHz
5 to 30	12	17,5	22	–
5 to 50	22	27,5	35	–
5 to 65	27,5	35	48	–
5 to 85	27,5	35	48	66

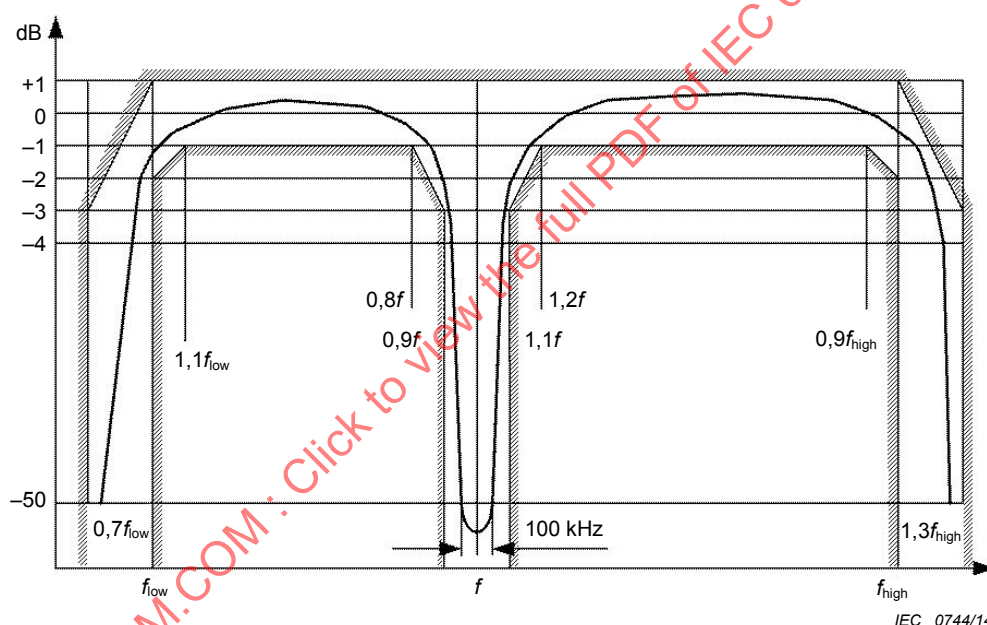


Figure 8 – Band-pass and band-stop filters response

One section of the filter (band-pass section) shall limit the noise bandwidth to the bandwidth of the return path. The second section of the filter (band-stop section) shall add a notch to the noise spectrum. The notch frequency shall be in the middle of the spectrum;

- a variable 75Ω attenuator, adjustable in 1 dB steps;
- a band-pass filter (optional) to avoid overloading of the spectrum analyser;
- a spectrum analyser having a calibrated display of the signals in the return path bandwidth.

4.12.3 Connection of the equipment

Connect the measuring equipment as indicated in Figure 9. The input signal is applied to the return path input reference point (fibre node) of the system under test (SUT) and the output signal is measured at the output reference point (headend/hubsite), using suitable cable and connectors, taking care to ensure correct impedance matching.

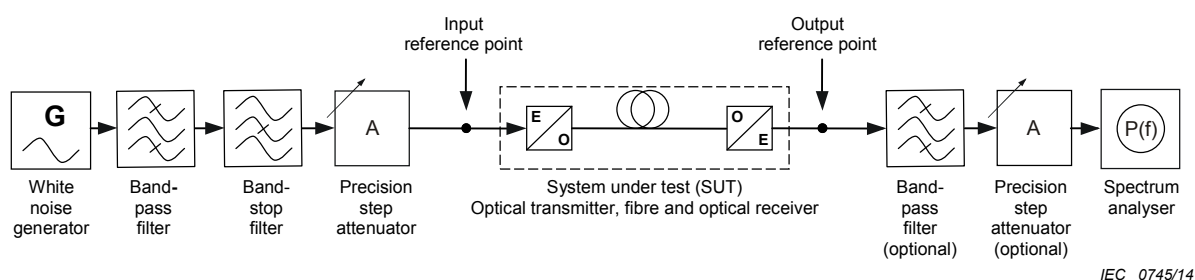


Figure 9 – NPR test set up

4.12.4 Measurement procedure

The Noise Power Ratio is defined as:

$$NPR = P - N$$

where

NPR is the Noise Power Ratio in dB;

P is the noise level in dB(mW) or in dB(mW/Hz) at the top of the displayed response;

N is the noise level in dB(mW) or in dB(mW/Hz) at the notch frequency.

The measurement procedure comprises the following steps:

- 1) Increase the drive level of the signal applied to the SUT in 1 dB steps.
- 2) Observe on the spectrum analyser the system noise floor and measure the difference relative to the top of the noise signal (difference between the top level and the noise level in the notch) and calculate the NPR .
- 3) Plot a graph of the NPR referred to the input signal level of the SUT.

When the RF power level of the noise input signal applied to the SUT approaches the upper limit of its transfer window, non-linear distortions appear and C/N (composite intermodulation noise) becomes the dominant component in the noise floor of the system, rising sharply in level.

An example of the plot of NPR versus input power of optical transmitter is shown in Figure 10 where the NPR of the return path link increases with increasing the RF power density applied to the optical transmitter (linear behaviour) up to a maximum point where a rapid decreasing is obtained (non-linear behaviour).

This point is the maximum optical modulation depth to be applied to the optical transmitter and is commonly referred to as 100 % OMI (Optical Modulation Index). When the RF power exceeds 100 % OMI , laser clipping can occur, which will result in actual signal loss.

The two slopes can define a point to be marked as the RF power density (P_i) at the input of the optical transmitter that corresponds to the OMI of 100 %.

If the effective total power (P_T) applied to the optical transmitter is to be calculated, the following formula is used:

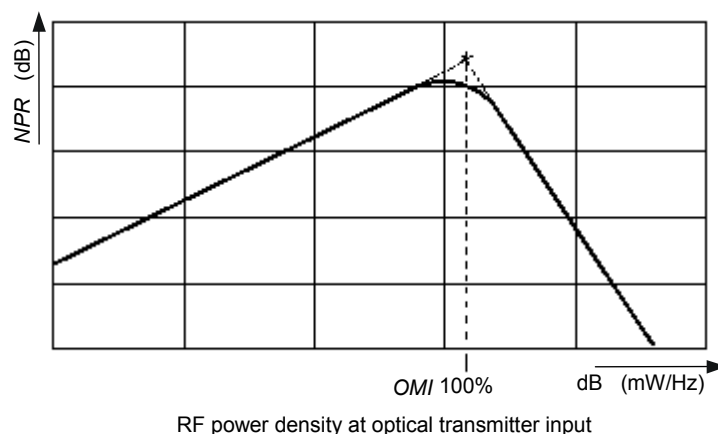
$$P_T = P_i + 10 \lg (BW)$$

where

P_T is the total power (dB(mW)) applied to the optical transmitter;

P_i is the power density (dB(mW/Hz)) applied to the optical transmitter;

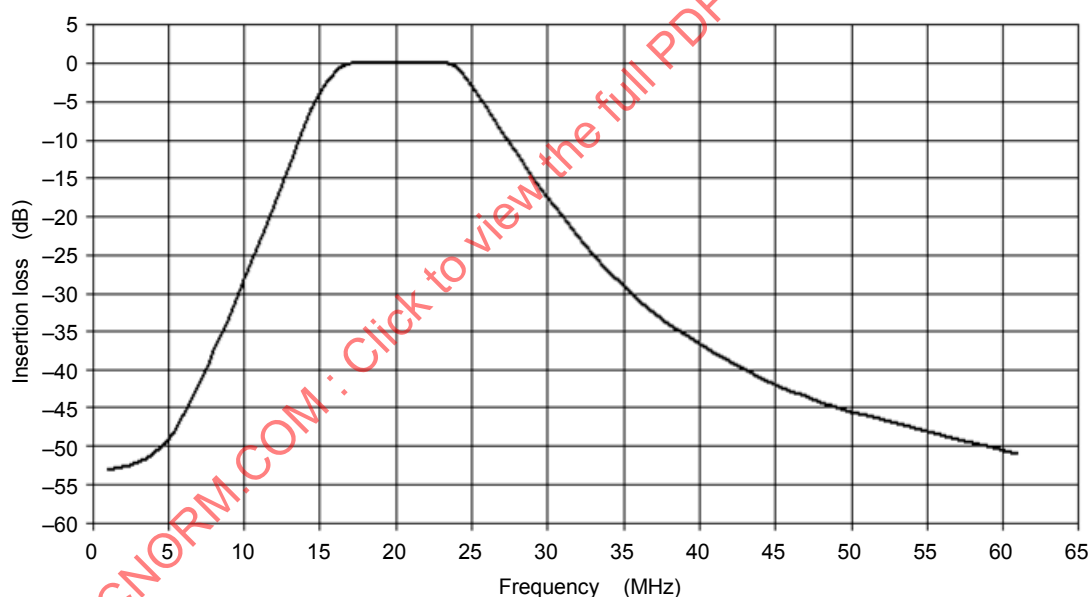
BW is the return path bandwidth in Hz.



IEC 0746/14

Figure 10 – NPR versus RF power density applied at input of optical transmitter and determination of OMI 100 %

To avoid overloading of the spectrum analyser, a band-pass filter can be inserted before it. An example of the frequency response of such a filter is indicated in Figure 11.



IEC 0747/14

Figure 11 – Example of the frequency response of the optional band-pass filter

4.12.5 Presentation of the results

The measured noise power ratio (NPR) shall be expressed in decibel and plotted versus the applied noise input power to the optical transmitter. The intersection of the two slopes defines the input power to the optical transmitter that is taken as the 100 % OMI (optical modulation index).

4.12.6 Recommended correction factors

4.12.6.1 Correction factors for noise during signal and noise level measurements

The correction factors for noise during signal and noise level measurements are indicated in Annex A.

4.12.6.2 Correction factor for a spectrum analyser

The correction factor for a typical spectrum analyser is indicated in Annex B.

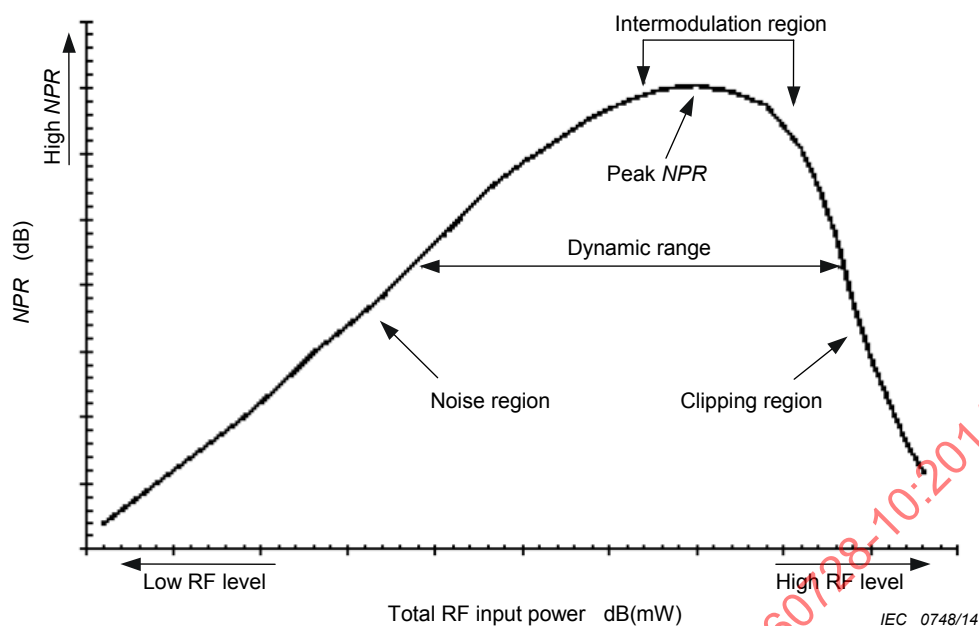
4.12.7 Precautions during measurement

Some precautions shall also be taken into account when using a spectrum analyser for noise signal measurement.

- Concerning the displaying detection mode of the spectrum, there are generally three detection modes: the 'peak detection', the 'negative peak detection' and the 'sample detection'. For noise measurement, the '*sample detection*' mode shall be used because it is the only mode that accurately indicates the random nature of noise.
- Also, given the random nature of noise, the displayed trace is changing at each sweep. A good average is thus necessary to reduce the amplitude variation of noise and to obtain the average noise level (the correction factor (see Annex B) of +2,5 dB is valuable only if a good averaging is realised by the spectrum). This average can be realised reducing the VBW filter or using the '*average*' function of the spectrum.
- Because the *NPR* is a measurement of distortions, the spectrum input mixer shall work without adding new distortions. So, an upper power limit at the input mixer shall be set in order to protect against distortions coming from the mixer. This maximum power level at the mixer input is about –10 dB(mW). To be sure those measurements are free of distortions coming from a mixer, a modification of the input attenuation value of the spectrum shall not induce a modification of the displayed noise level.
- The noise source shall conform to the following specifications. Its bandwidth shall cover the bandwidth of the system under test (5 MHz to 65 MHz for return path devices). Its flatness shall be lower than ± 1 dB and its tilt has to be lower than 1 dB on the entire bandwidth. Concerning the noise source level, 0 dB(mW) is needed as total power. Thus, a density noise level of at least –80 dB(mW/Hz) is required. Finally, the probability density function of the noise source shall be absolutely Gaussian. So, if the noise source is realised by cascading several amplifiers, saturation of signal is not permitted in the cascade because it will lead to clipping and will thus reduce the peak-to-average ratio of the noise signal.
- The notch shall conform to the following specifications. Its band-pass bandwidth shall be greater than the noise source bandwidth to avoid any filtering. Its band-pass ripple shall be relatively low to keep a noise signal flatness lower than ± 1 dB at the output of this notch filter. Moreover, the maximum *NPR* value is given by the maximum depth of the notch. Therefore, the minimum notch rejection shall be greater than the minimum *NPR* value to be measured.
- If an amplifier is required to obtain sufficient signal level, the amplifier should be placed between the band-pass and the notch filters. No amplifier should be used after the notch filter because its distortion will reduce the depth of the notch. The amplifier should have sufficient capability to produce the required level without compression.

4.12.8 *NPR* dynamic range

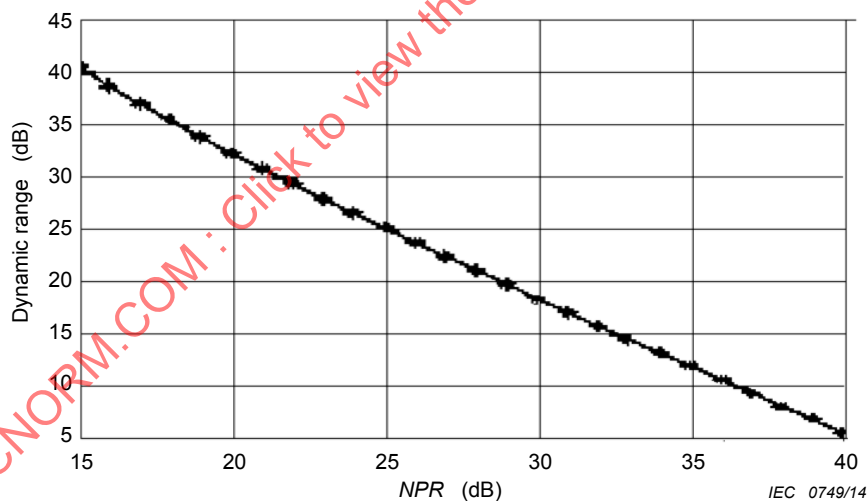
Representing the *NPR* values versus the total input power allows the determination of the power range where the *NPR* value is above a limit and where the performances are free of perturbations coming from both the intrinsic noise and distortion noise. In the dynamic range (or working range), the power is high enough with respect to the intrinsic noise of the equipment and the power is low enough to not produce important distortions (Figure 12).



The values both of the dynamic range and the *NPR* are in decibel.

Figure 12 – Example of *NPR* dynamic range

It is also possible to plot the dynamic range versus the *NPR* value (see Figure 13). This plot provides an indication of the margin of the used power level, given a *NPR* value.



The values both of the dynamic range and the *NPR* are in decibel.

Figure 13 – Dynamic range plotted versus *NPR*

4.13 10-Tone measurement

4.13.1 General

Instead of using a noise source and a set of filters to create the desired input signal (band-pass filtered noise with the notch), it is also possible to use an arbitrary waveform generator to synthesize a large number of CW-tones with equal amplitude and random phases. This signal will have approximately the same properties as the filtered noise with the advantage that the notch and the signal type can easily be controlled.

An approximation of this method is the use of a group of tones as input signal. Indeed the probability density function of a group of tones tends statistically to a Gaussian distribution when the number of tones increases in accordance with the statistical central limit theorem. This is already true with (5 to 10) tones. This statistical equivalence between noise signal and group of tones can be demonstrated also in terms of peak-to-average ratio. Thus, groups of tones can simulate statistically the load of the return path.

However, the spectral distribution of groups of tones is essentially different from noise. Thus, the spectral distribution of distortions coming from groups of tones and noise source are also different. Therefore, to obtain the same *NPR* curves in both cases, the distortion measurements realised from a group of tones input signal shall be interpreted and represented respecting some conditions.

4.13.2 Measurement principle

Two groups of (5 to 10) tones distant of some megahertz simulate the noise source and the notch. The intrinsic noise and the distortion can then be measured in the space created (Figure 14).

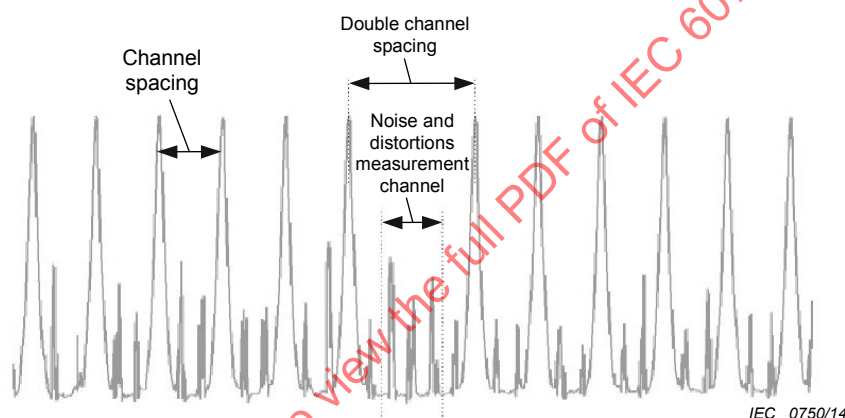


Figure 14 – Alternative *NPR* measurement principle

The classical *NPR* measurement realised with the noise source corresponds to the difference between the noise signal density level and the distortion noise density level present in the notch. But if both noise signal density level and distortion noise density are integrated into a QPSK/QAM channel bandwidth, the *NPR* value is unchanged. So, we can say that the *NPR* value represents the difference between the total power of a QPSK/QAM channel and the total power of both noise and distortion present in a free of load QPSK/QAM channel.

To compare classical *NPR* results and distortion measurements realised with groups of tones, the difference between the power of one channel carrier and the 'noise-plus-distortion' total power level present in a free load carrier channel spacing shall be represented.

4.13.3 Measurement procedure

Based on the principle described, the device under test is loaded with 2 groups of 6 tones equally spaced. The 'notch' is then realised by an empty channel position, resulting in double channel spacing in the middle of the spectrum. Measurements of total noise plus distortions are then realised in a channel bandwidth around the empty carrier (Figure 14) using the 'channel power' function of the spectrum analyser. So, all contributions of both noise and distortions are included in the measurement.

However, some corrections and precautions must be taken into account when noise is measured as a 'channel power' function. 'Channel power' function allows the measurement of the power within a frequency range. In the case of a classical spectrum analyser, the 'channel power' calculation realised by the spectrum analyser is:

$$P_{\text{Ch}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{B_S}{B_N} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{P_i}{10}\right)} \right) \quad \text{dB(mW)}$$

where

P_{Ch} is the channel power;

B_S is the channel bandwidth;

B_N is the equivalent noise bandwidth of the RBW (see Annex B);

n is the number of data points in the summation;

P_i is the sample of the power in measurement cells i in dB(mW).

NOTE When the channel power function is activated, the sample mode detection is automatically used.

However, as shown in the previous method, to obtain the average noise density level, an averaging is necessary to measure the power in the channel bandwidth because both noise level and distortions vary with time. Nonetheless, the average cannot be realised with the spectrum analyzer. Indeed, spectrum averaging introduces an error which is known in the case of Gaussian noise (see Annex B) but not in the case of the alternative setup. So, the averaging is performed manually. To achieve this, several channel power measurements without averaging are realised, and the computation of the average channel power is carried out in the linear domain. Concerning low level of noise, the correction factor of Annex A shall also be applied.

Figure 15 gives the results of both classical *NPR* and the alternative method applied on an optical link. Both measurements were realised under the same condition of load. This confirms the validity of the proposed alternative method.

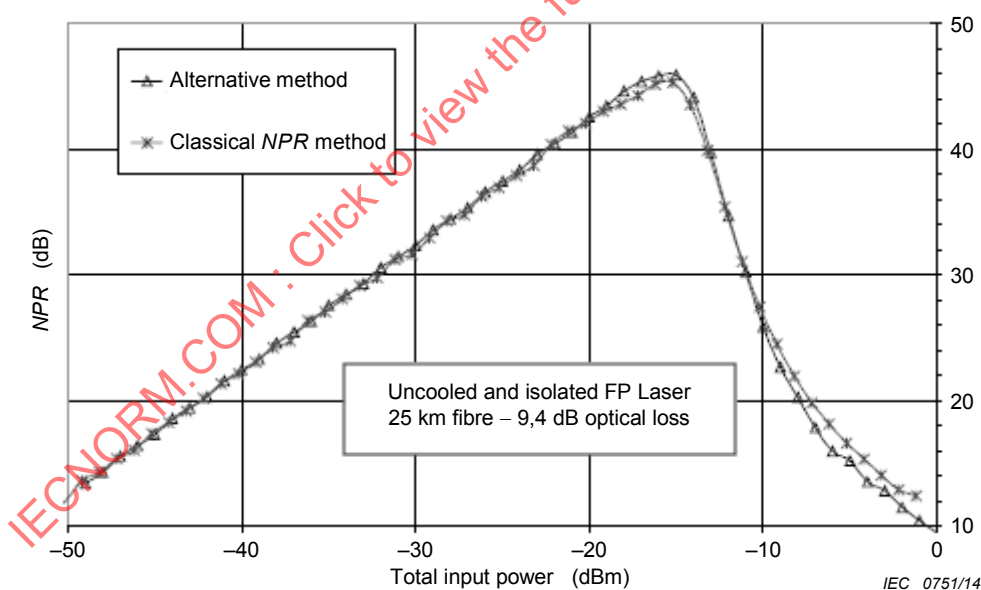


Figure 15 – Relationship between classical *NPR* method and multi-tone method

4.14 Modulation error ratio (*MER*) measurement on return path

4.14.1 General

This measuring method is able to provide a single "figure-of-merit" analysis of the received signal. This figure is computed to include the total signal degradation likely to be present at the input of a receiver's decision circuits and so give an indication of the ability of that receiver to correctly decode the signal.

This measurement is applied to return path links between cable modem (CM) and headend/hubsite equipment (CMTS).

The measurement is performed at the headend/hubsite return path receiver while the modulated signal with the appropriate format is applied at the system outlet (cable modem).

NOTE This measuring method shall be performed under out-of-service conditions.

4.14.2 Equipment required

The equipment required is listed below and shown in Figure 16:

- I/Q baseband signal source for QPSK or QAM modulation format;
- RF modulator for QPSK, or QAM modulation format;
- reference receiver;
- constellation analyser.

4.14.3 Connection of the equipment

The measuring set-up for the modulation error ratio (*MER*) measurement is shown in Figure 16.

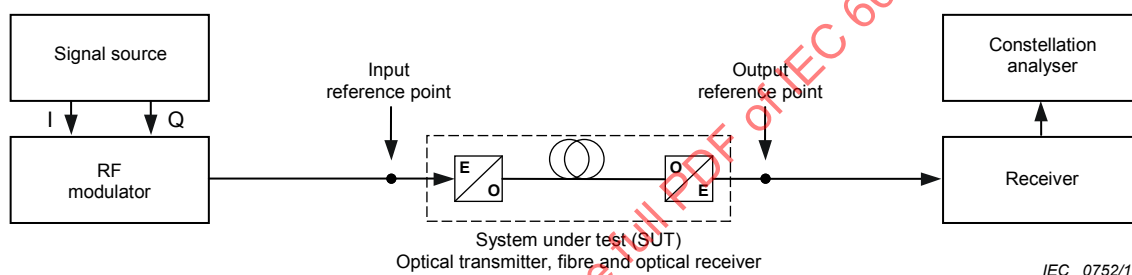


Figure 16 – Test set-up for modulation error ratio (*MER*) measurement

The measuring equipment shall be connected taking care to maintain correct impedance matching.

4.14.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the steps as listed below.

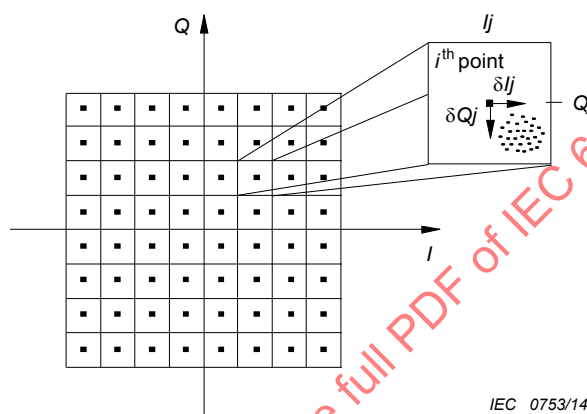
- Set the signal source (base band) to generate a sequence defined as the null transport stream packet in ISO/IEC 13818-1 with all bytes set to 0x00 (see Annex C). A sequence of four bytes followed by a PRBS can also be used.

NOTE The null transport stream packet is defined as the four-byte sequence 0x47, 0x1F, 0xFF, 0x10, followed by 184 zero bytes (0x00). This sequence can be available as an encoding system option.

- Apply the signal source I and Q channels at the input of the modulator to obtain the desired QPSK or QAM modulation format.
- Set the carrier frequency of the RF modulator to that of the channel where the measurement shall be performed.
- Adjust the output carrier level of the RF modulator to obtain the same level at the headend receiver input as in normal operating conditions.
- Tune the receiver to the channel where the measurement shall be performed. The measurement of the modulation error ratio (*MER*) does not assume the use of an equalizer. However, the measuring receiver may include a commercial quality equalizer to give more accurate results when the signal at the measurement point has linear impairments.
- Connect the constellation analyser to the appropriate interface of the receiver. If the constellation analyser has its own tuner, the use of the receiver can be avoided.

- g) The carrier frequency and symbol timing are recovered, which removes frequency error and phase rotation. Origin offset (for example, caused by a residual carrier or DC offset), quadrature error and amplitude imbalance are not corrected.
- h) A time record of N received symbol coordinate pairs (I_j, Q_j) is captured by the constellation analyser. N shall be significantly larger than the M symbol points.
- i) For each received symbol a decision is made as to which symbol was transmitted. The error vector is defined as the distance from the ideal position of the chosen symbol (the centre of the decision box) to the actual position of the received symbol.
- j) The distance can be expressed as a vector $(\delta I_j, \delta Q_j)$.

An example of representation of the constellation diagram for a 64 QAM modulation format and the distance $(\delta I_j, \delta Q_j)$ for each of the N received symbols in the i^{th} point from the ideal position (I_j, Q_j) is shown in Figure 17.



NOTE The i^{th} point has been enlarged to show the coordinates of the symbol error vector.

Figure 17 – Example of constellation diagram for a 64QAM modulation format

The sum of the squares of the magnitudes of the ideal symbol vectors is divided by the sum of the squares of the magnitude of the symbol error vectors. The result, expressed as a power ratio in decibel (dB), is defined as the modulation error ratio *MER*.

$$MER = 10 \cdot \lg \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} \quad \text{in dB}$$

Before starting the measurement, check the modulator performance, connecting the receiver with the constellation analyser at the output of the signal generator modulated by the digital source. The displayed constellation diagram should be noted and assumed as the reference position for the measurement.

4.14.5 Presentation of the results

The measured modulation error ratio (*MER*) shall be expressed in dB. The interface of the receiver where the measurement has been performed shall be stated with the results.

5 System performance requirements

5.1 General

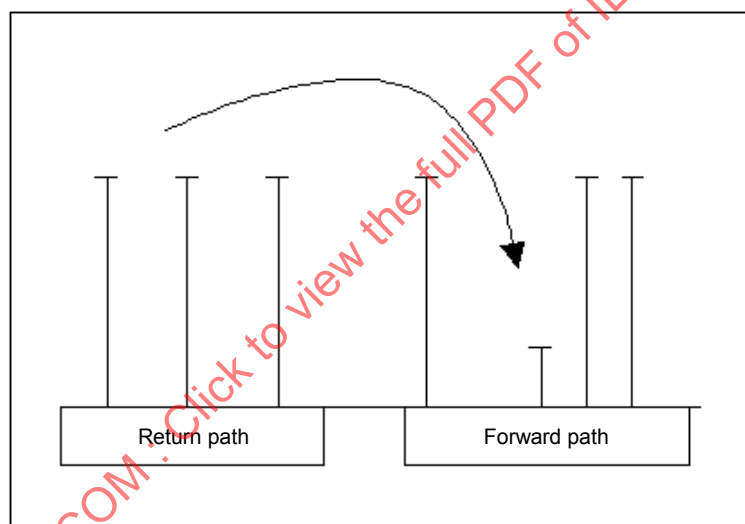
The requirements for the return path, laid down in this standard are based on the existing parts of the IEC 60728 series and its reference documents. In the return path, high levels of

ingress and impulse noise call for a sufficiently high signal power. The highest admissible power level is limited by the maximum allowed radiation power of the network. IEC 60728-2 and IEC 60728-12 define the minimum requirements for EMC for the network equipment and for the cable network itself.

In a two-way system, the following four internal disturbing situations shall be taken into account:

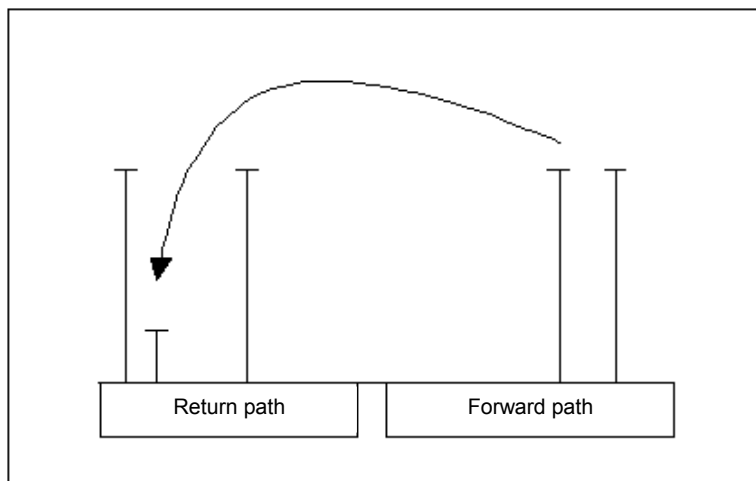
- a) unwanted effects from return path communication to TV, radio and other forward path signals (Figure 18);
- b) effects of forward path signals (e.g. intermodulation products) disturbing return path signals (Figure 19);
- c) effects of return path signals of service 1 (e.g. spurious signals) disturbing the return path signals of a different service 2 (Figure 20);
- d) effects between return path signals (e.g. intermodulation products) pertaining to the same service (Figure 21).

For the first three cases, the IEC 60728 series of standards sets the limits so that interference shall not occur. For case d), it is necessary to use system-inherent measures to manage interference.

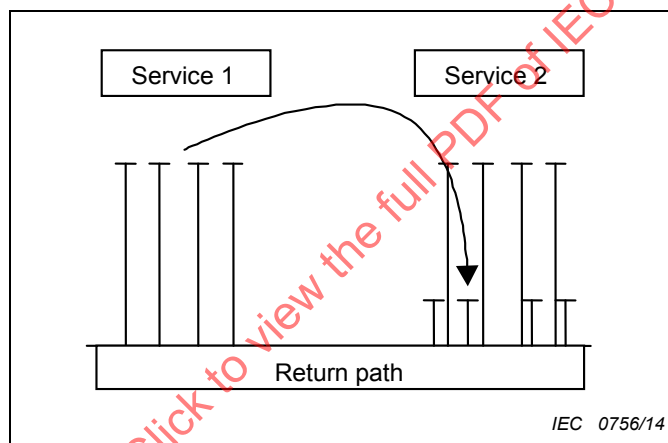


IEC 0754/14

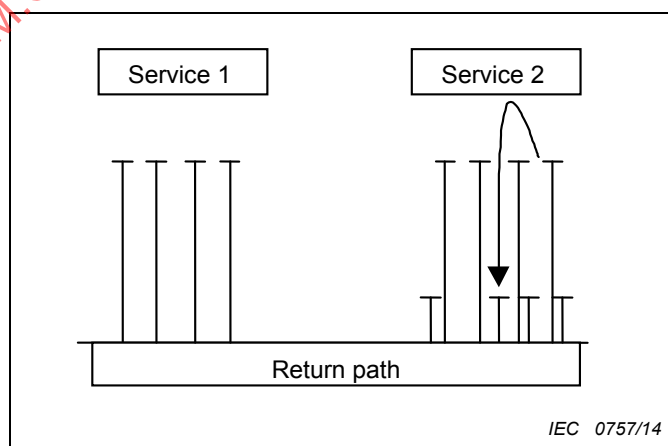
Figure 18 – Return path signals affecting forward path signals



IEC 0755/14

Figure 19 – Forward path signals affecting return path signals

IEC 0756/14

Figure 20 – Return path signals of service 1 affecting return path signals of a different service (e.g. service 2)

IEC 0757/14

Figure 21 – Return path signals of a specific service (e.g. service 2) affecting return path signals of the same service

5.2 Analogue parameters that influence the system performance

The error probability in digital transmission systems depends on the degradation of the signal quality over the transmission path. For the return path of cable networks, performance is only evaluated in terms of *MER* according to DOCSIS 3.0 PHY, annex B, and can be summarized as presented in Table 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014

Table 3 – Summary of the requirements for *MER* according to ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), (clause 6.2.22.3.2)

Channel	Transmit Equalizer	Number of echoes ^a	Access method	Modulation rate kHz	MERSymb ^{c, d} dB									
Flat	OFF	Not relevant	Not specified	160, 320, 640, 1 280, 2 560	Operations up to 65 MHz					Operations up to 85 MHz				
					5-10 MHz	10-15 MHz	15-47 MHz	47-54 MHz	54-65 MHz	5-10 MHz	10-15 MHz	15-61 MHz	61-71 MHz	71-85 MHz
					≥26	≥27	≥30	≥27	≥26	≥26	≥27	≥30	≥27	≥26
					≥23	≥24	≥27	≥24	≥23	≥23	≥27	≥24	≥23	
					≥30									
Echo	ON	Not relevant	TDMA for QPSK only	Not specified	≥35									
			SCDMA ^b and all TDMA modulation formats		≥30									
			TDMA for QPSK only		≥33									
			SCDMA and all TDMA modulation formats		≥29									
			Not specified		≥29									
dBc = decibel referred to carrier signal level														
^a Echoes' values are chosen from the set of table B-3 of DOCSIS 3.0 CM-SP-PHYv3.0-I10-111117 (-10 dBc at ≤0.5 μs, -20 dBc at ≤1.0 μs and -31.5 dBc at >1.0 μs) – Since the table does not bind echo delay for the -30 dBc case, for testing purposes, it is assumed that the time span of the echo at this magnitude is ≤1.5 μs.														
^b In the case of the 'flat channel, transmit equalization ON', MER _{chip} ≥ 33 dB is also defined.														
^c MER shall meet or exceed those limits over the full transmit power range of ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), (TDMA – QPSK: (+17 to +61) dB(mV) – 8 QAM & 16 QAM: (+17 to +58) dB(mV) – 32 QAM & 64 QAM: (+17 to +57) dB(mV)) (SCDMA – all modulations: (+17 to +56) dB(mV)), for each modulation, modulation rate and over the full carrier range and, for SCDMA, over any valid number of active and allocated codes.														
^d At the break points between regions, the higher MER specification applies.														

The analogue parameters which influence the system performance of the return path can be classified in three categories:

- a) parameters inherent of the return path (transmission properties);
- b) parameters resulting from outside the return path;
- c) influence from signals on the forward path.

Examples for the first category are properties like signal level, amplitude response, noise, intermodulation, group delay variation and echoes. Examples for the second type are ingress and impulse noise. Non-linear distortion according to the third category occurs typically in passive devices where both forward path and return path signals exist simultaneously.

Establishing the requirements for the return path means finding the limiting values for the parameters mentioned above. This has been carried out using theoretical and empirical methods supposing that the parameter under consideration is the dominant one and neglecting the influence of all the others. Of course, this approach does not reflect practical conditions where the *MER* can result from several simultaneous distortions. Therefore, sufficient margins have been added.

The main advantage in providing this link from *MER* to analogue parameters is that most of these parameters are well-known to the designers of cable networks and existing measurement equipment can be used.

5.3 General requirements

5.3.1 Impedance

The nominal impedance of the system shall be 75 Ω . This value applies to the coaxial cable part of the network. This nominal value shall be used as the reference impedance for all measurements.

5.3.2 Maximum signal level

The maximum allowable signal level injected into the network is based on the radiated power limit and the screening effectiveness according to IEC 60728-2.

As an example, for radiated power level of 20 dB(pW) and screening effectiveness of 75 dB and a single un-modulated carrier, the output level of any signal source within the cable network shall not exceed 114 dB(μ V). If the screening effectiveness is higher, the allowable carrier level can be raised accordingly.

NOTE 1 When measuring the radiation of digitally modulated signals, the measuring bandwidth is:

- 9 kHz in the frequency range 5 MHz to 30 MHz, and
- 120 kHz in the frequency range 30 MHz to 950 MHz.

NOTE 2 High level of a return transmitter in the TV or radio IF band can interfere with a forward path signal if the mutual isolation between the return path transmitter and the forward path receiver is not sufficient.

5.4 Specific system performance requirements

The return path system performance requirements for different modulation techniques are listed in Table 4. These requirements apply to modulation techniques specified in the formerly used standard ETSI ES 200 800. Each of these values include a safety margin taking into account that all these parameters could occur simultaneously and that an overall *BER* of 10^{-4} shall be achieved under the condition that all the other parameters are ideal.

**Table 4 – System performance requirements
for different modulation techniques for $BER = 10^{-4}$**

Parameters	Requirements						
	FSK	QPSK	Burst QPSK	OFDM (16QAM)	OFDM (64QAM)	16QAM	64QAM
Carrier-to-noise ratio $S_{D,RF}/N$	7 dB	11 dB	14 dB	17 dB	23 dB	20 dB	26 dB
Amplitude response variation, narrow band		3 dB	3 dB			3 dB	3 dB
Amplitude response variation, wide band		≤ 8 dB ^a					
Carrier-to-multiple interference ratio		≥ 22 dB/ 1,544 MHz					
Impulse noise distortion		Under consideration					
Hum modulation		≤ 7 %					
Echo ratio		≤ 15 %				15 dB at 0,5 μ s 30 dB > 1,5 μ s	
Group delay variation		≤ 300 ns/ 2 MHz					200 ns
Phase noise		-70 dBc/Hz at 3 kHz	-70 dBc/Hz at 3 kHz			-80 dBc/Hz at 3 kHz	-85 dBc/Hz at 3 kHz
Frequency error		± 30 kHz				± 200 kHz	± 200 kHz
dBc = decibel referred to carrier signal level							
^a For the frequency band from $f_{min} + 5$ MHz to $f_{max} - 5$ MHz, where f_{min} and f_{max} are the nominal minimum and respectively maximum frequency of the return path. The frequencies where ingress filters are used to attenuate interfering signals cannot be used for signal transmission and are excluded from this requirement.							

Table 5 compares some of the parameters given in Table 4 with those specified in the ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), specifications.

Table 5 – Comparison of system performance parameters given in Table 4 with those given in ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), specifications

Parameter	IEC 60728-10	ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11),	ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11),
Table number and title	Table 4 – System performance requirements using a reference signal according to ETSI ES 200 800 (QPSK Grade C)	Table 5–2 (page 22) – Assumed Upstream RF Channel Transmission Characteristics	Table B–3 (page 98) – Assumed Upstream RF Channel Transmission Characteristics
Carrier-to-noise ratio	≥22 dB (BW = 1,544 MHz)	Not available	Not less than 22 dB (in active bandwidth)
Amplitude response variation, narrow band	3,0 dB	No distinction between both: 0,5 dB/MHz	No distinction between both: maximum 2,5 dB in 2 MHz
Amplitude response variation, wide band	≤8 dB ^a		
Carrier-to-multiple interference ratio	≥22 dB / 1,544 MHz	Defined as Carrier-to-interference plus ingress (the sum of noise, distortion, common-path distortion and cross modulation and the sum of discrete and broadband ingress signals, impulse noise excluded) ratio: Not less than 25 dB	Two cases are considered: – Carrier-to-ingress power (the sum of discrete and broadband ingress signals) ratio in active channel – Carrier-to-interference (the sum of noise, distortion, common-path distortion and cross-modulation) ratio in active channel Both with a limit of 22 dB
Impulse noise distortion	Under consideration	Called 'burst noise': not longer than 10 µs at a 1 kHz average rate for most cases	Called 'burst noise': not longer than 10 µs at a 1 kHz average rate for most cases
Hum modulation	≤7 %	Not greater than –23 dBc (7,0 %)	Not greater than –23 dBc (7,0 %)
Echo ratio	≤15 %	Defined as Micro-reflections – single echo: –10 dBc at ≤0,5 µs; –20 dBc at ≤1,0 µs; –30 dBc at >1,0 µs	Defined as Micro-reflections (maximum) – single echo: –10 dBc at ≤0,5 µs; –20 dBc at ≤1,0 µs; –31,5 dBc at >1,0 µs
Group delay variation	≤300 ns/2 MHz	200 ns/MHz	300 ns in 2 MHz
Frequency error	±30 kHz	Not available	Not available
dBc = decibel referred to carrier signal level			
^a For the frequency band from $f_{\min} + 5$ MHz to $f_{\max} - 5$ MHz, where $f_{\min}$ and $f_{\max}$ are the nominal minimum and respectively maximum frequency of the return path. The frequencies where ingress filters are used to attenuate interfering signals cannot be used for signal transmission and are excluded from this requirement.			

6 System performance recommendations – Return path bandwidth

6.1 Frequency allocation

Table 6 shows recommended frequency ranges for the return path assuming that the FM radio band starts at 87,5 MHz.

Table 6 – Return path frequency ranges

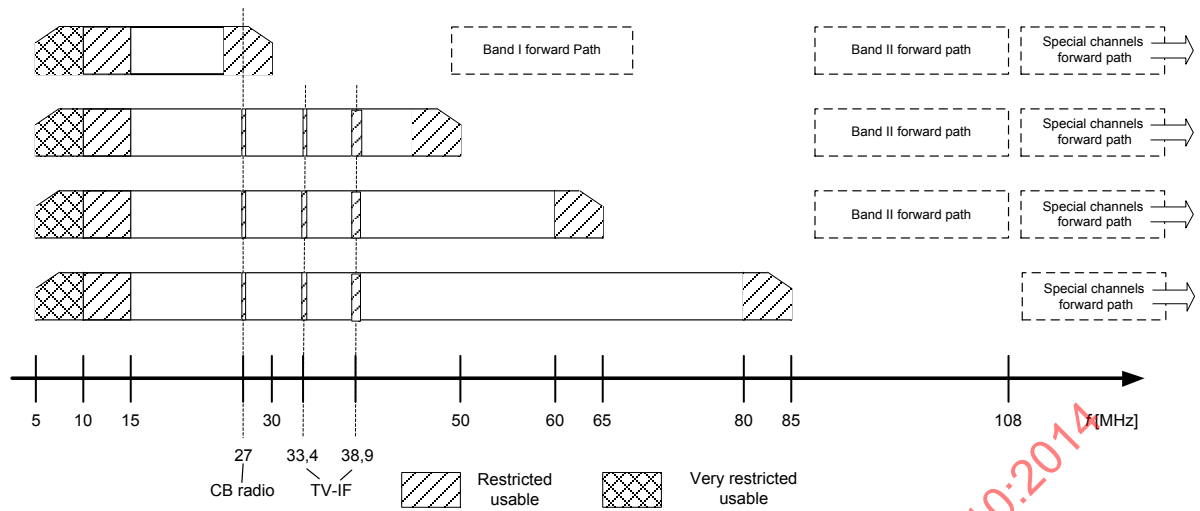
Return path frequency range MHz	Return path bandwidth MHz	Recommended starting frequency of forward path MHz
5 to 30	25	47
5 to 50 ^a	45	70
5 to 65	60	85
5 to 85	80	108
^a or 5 MHz to 40 MHz, 5 MHz to 55 MHz, 5 MHz to 60 MHz, etc.		

6.2 Transmission quality in the return path frequency ranges

The whole bandwidth of the return path frequency range is not suitable for high quality transmission. Figure 22 shows some of the sub-bands with reduced transmission quality which are suitable only for slow data transmission. The reasons for quality reduction in sub-bands of the return path are shown in Table 7. Local transmitter stations can further impair the available bandwidth. Frequencies used for emergency services shall not be used for data transmission.

Table 7 – Reasons for quality reduction in sub-bands of the return path

Sub-band MHz	Reasons for quality reduction
5 to 15	Group delay variation, ingress noise, impulse noise, FM radio-IF
7, 10, 14, 18, 21, 24, 28	Radio amateur transmitters (exact frequency bands available at local radio authorities)
27	Terrestrial CB radio (ISM band)
38,9	TV – IF (other frequencies also used)
Close to band edge	Group delay variation



IEC 0758/14

Figure 22 – Identification of the most common sub-bands within the return path band with limited transmission quality

Annex A (normative)

Correction factors for noise

A.1 Signal level measurement

When measuring a signal level, the contribution of noise can be taken into account by reducing the measured signal level (S_m) by an amount (CF) that depends on the difference (D) between the measured signal (S_m) and noise (N_m) levels.

First calculate the difference D :

$$D = S_m - N_m$$

then from Table A.1 or Figure A.1, derive the correction factor (CF) and apply it to obtain the signal level (S) using the following formula:

$$S = S_m - CF$$

NOTE If the level difference (D) is lower than 2 dB, the reliability of the measurement becomes very low due to the big value of the correction factor (CF).

A.2 Noise level measurement

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

First calculate the difference D :

$$D = N_m - N_{eq}$$

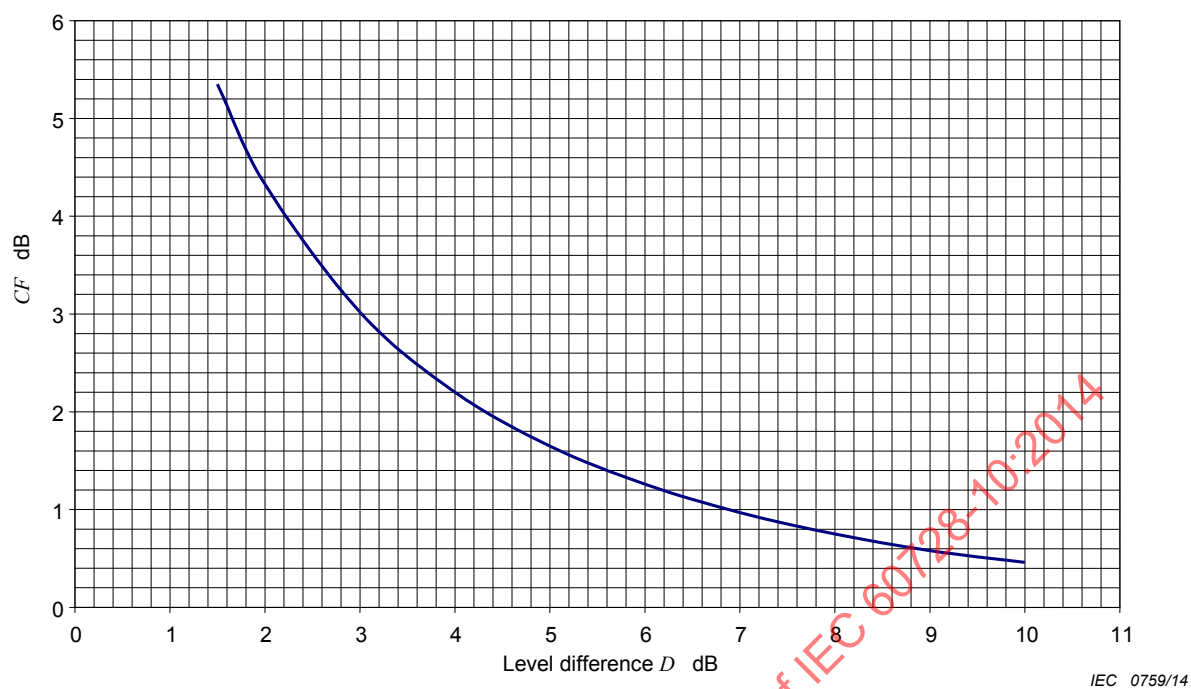
then from Table A.1 or Figure A.1, derive the correction factor (CF) and apply it to obtain the noise level (N) using the following formula:

$$N = N_m - CF$$

NOTE If the level difference (D) is lower than 2 dB the reliability of the measurement becomes very low due to the big value of the correction factor (CF).

Table A.1 – Noise correction factor

Level difference D dB	Correctionfactor CF dB	Level difference D dB	Correctionfactor CF dB
1,5	5,35	6,0	1,26
2,0	4,33	7,0	0,97
3,0	3,02	8,0	0,75
4,0	2,20	9,0	0,58
5,0	1,65	10,0	0,46



The values of both the noise correction factor and the level difference D are in decibel (dB).

Figure A.1 – Noise correction factor CF versus measured level difference D

Annex B

(normative)

Correction factor for a spectrum analyser

The correction factor (K_{sa}) for a typical spectrum analyser is about 1,7 dB and is due to two contributions:

- a +2,5 dB term for the effect of the detector/log amplifier (it accounts for the correction of 1,05 dB due to the narrowband envelope detection and the 1,45 dB due to the logarithmic amplifier);
- a –0,8 dB term that takes into account that the equivalent noise bandwidth of the IF filter of the spectrum analyser is greater than its nominal resolution bandwidth RSBW by a factor of 1,2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014

Annex C (normative)

Null packet and PRBS definitions

C.1 Null packet definition

The null packet definition from ISO/IEC 13818-1 is extended for the purpose of the recommended test mode.

ISO/IEC 13818-1 defines a null transport stream packet for the purpose of data rate stuffing.

Table C.1 shows the structure of a null transport stream packet using the method of describing bit stream syntax defined in 2.3 of ISO/IEC 13818-1:2007.

This description is derived from Table 2-2 in ISO/IEC 13818-1:2007. The abbreviation "bslbf" means "bit string, left bit first", and "uimsbf" means "unsigned integer, most significant bit first".

The column titled "Value" in Table C.1, gives the bit sequence for the recommended null packet.

A null packet is defined by ISO/IEC 13818-1 as having:

- **payload_unit_start_indicator** = '0';
- **PID** = 0x1FFF;
- **transport_scrambling_control** = '00';
- **adaptation_field_control** value = '01'. This corresponds to the case "no adaptation field, payload only".

The remaining fields in the null packet that shall be defined for testing purposes are:

- **transport_error_indicator** which is '0' unless the packet is corrupted: for testing purposes this bit is defined as '0' when the packet is generated;
- **transport_priority** which is not defined by ISO/IEC 13818-1 for null packet. For testing purposes this bit is defined as '0';
- **continuity_counter** which ISO/IEC 13818-1 states is undefined for a null packet. For testing purposes this bit field is defined as '0000';
- **data_byte** which ISO/IEC 13818-1 states may have any value in a null packet. For testing purposes this bit field is defined as '00000000'.

Table C.1 – Null transport stream packet definition

Syntax	No of bits	Identifier	Value
<pre> null_transport_packet(){ sync_byte transport_error_indicator payload_unit_start_indicator transport_priority PID transport_scrambling_control adaptation_field_control continuity_counter for ($i=0; i<N; i++$){data_byte} } </pre>	8 1 1 1 13 2 2 4 8	bslbf bslbf bslbf bslbf uimbsf bslbf bslbf uimbsf bslbf	'01000111' '0' '0' '0' '111111111111' '00' '01' '0000' '00000000'

C.2 PRBS definition

A PRBS (pseudo random bit sequence) generator can be used instead of a null packet generator. A PRBS of $10^{23} - 1$ inverted is recommended.

Bibliography

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment – database containing the complete set of graphical symbols included in IEC 60417 and ISO 7000*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

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

IEC 60728-4, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 4: Passive wideband equipment for coaxial cable networks*

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

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

ITU-R Recommendation BT.6/BL22:2005, *Conventional analogue television systems*

ITU-T Recommendation O.150:1996, *General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment*
Corrigendum 1:2002

ITU-T Recommendation O.151:1992, *Specifications of measuring equipment – Error performance measuring equipment operating at the primary rate and above*
Corrigendum 1:2002

ETSI ES 201 488 series, *Access and Terminals (AT); Data Over Cable Systems*

ETSI ES 202 488 series, *Access and Terminals (AT); Second Generation Transmission Systems for Interactive Cable Television Services – IP Cable Modems*

ANSI/SCTE 135-1:2008, *DOCSIS 3.0 Part 1: Physical Layer Specification*

ANSI/SCTE 135-2:2008, *DOCSIS 3.0 Part 2: MAC and Upper Layer Protocols*

ANSI/SCTE 135-3:2008, *DOCSIS 3.0 Part 3: Security Services*

ANSI/SCTE 135-4:2008, *DOCSIS 3.0 Part 4: Operations Support Systems Interface*

ANSI/SCTE 135-5:2008, *DOCSIS 3.0 Part 5: Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	58
INTRODUCTION	60
1 Domaine d'application	61
2 Références normatives	61
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	62
3.1 Termes et définitions	62
3.2 Symboles	66
3.3 Abréviations	66
4 Méthodes de mesure	67
4.1 Généralités	67
4.2 Initialisation du réseau	68
4.3 Mesure du niveau de canal	68
4.3.1 Généralités	68
4.3.2 Matériel exigé	69
4.3.3 Raccordement du matériel	69
4.3.4 Mode opératoire de mesure pour les porteuses à modulation numérique	69
4.3.5 Mode opératoire de mesure pour les porteuses à modulation numérique par intermittence	70
4.3.6 Présentation des résultats	71
4.4 Mesure de la variation de réponse amplitude-fréquence	71
4.4.1 Contexte	71
4.4.2 Matériel exigé	71
4.4.3 Raccordement du matériel	72
4.4.4 Etalonnage du matériel	72
4.4.5 Méthode de mesure	72
4.4.6 Présentation des résultats	72
4.5 Mesure du rapport signal/bruit ($S_{D,RF}/N$)	73
4.5.1 Généralités	73
4.5.2 Matériel exigé	73
4.5.3 Raccordement du matériel	73
4.5.4 Mode opératoire de mesure	73
4.5.5 Présentation des résultats	74
4.6 Mesure des brouilleurs multiples	74
4.6.1 Généralités	74
4.6.2 Matériel exigé	74
4.6.3 Raccordement du matériel	74
4.6.4 Mode opératoire de mesure	75
4.6.5 Traitement des données	75
4.6.6 Présentation des résultats	75
4.7 Mesure du bruit impulsif	76
4.7.1 Généralités	76
4.7.2 Matériel exigé	76
4.7.3 Raccordement du matériel	76
4.7.4 Mode opératoire de mesure	76

4.7.5	Traitement des données et présentation des résultats	76
4.8	Mesure du taux d'écho	77
4.8.1	Généralités	77
4.8.2	Matériel exigé	78
4.8.3	Raccordement du matériel	78
4.8.4	Mode opératoire de mesure	78
4.8.5	Présentation des résultats	79
4.9	Mesure de la variation du temps de propagation de groupe	79
4.10	Mesure de l'erreur de fréquence	79
4.10.1	Généralités	79
4.10.2	Matériel exigé	79
4.10.3	Raccordement du matériel	79
4.10.4	Mode opératoire de mesure	80
4.10.5	Présentation des résultats	80
4.11	Mesure du taux d'erreur sur les bits (TEB)	80
4.11.1	Généralités	80
4.11.2	Matériel exigé	81
4.11.3	Raccordement du matériel	81
4.11.4	Mode opératoire de mesure	82
4.11.5	Présentation des résultats	82
4.12	Mesure du rapport de puissance de bruit (NPR) sur la voie de retour	82
4.12.1	Généralités	82
4.12.2	Matériel exigé	82
4.12.3	Raccordement du matériel	83
4.12.4	Mode opératoire de mesure	84
4.12.5	Présentation des résultats	85
4.12.6	Facteurs de correction recommandés	86
4.12.7	Précautions pendant la mesure	86
4.12.8	Dynamique de rapport de puissance de bruit	87
4.13	Mesure à 10 porteuses	88
4.13.1	Généralités	88
4.13.2	Principe de mesure	88
4.13.3	Mode opératoire de mesure	89
4.14	Mesure du rapport d'erreur de modulation (MER) sur la voie de retour	90
4.14.1	Généralités	90
4.14.2	Matériel exigé	90
4.14.3	Raccordement du matériel	90
4.14.4	Mode opératoire de mesure	91
4.14.5	Présentation des résultats	92
5	Exigences relatives aux performances du système	92
5.1	Généralités	92
5.2	Paramètres analogiques influençant les performances du système	94
5.3	Exigences générales	96
5.3.1	Impédance	96
5.3.2	Niveau maximal du signal	96
5.4	Exigences spécifiques relatives aux performances du système	96
6	Recommandations pour les performances des systèmes – Bande passante de la voie de retour	99
6.1	Affectation des fréquences	99

6.2	Qualité de transmission dans les bandes de fréquences de la voie de retour.....	99
Annexe A (normative)	Facteurs de correction pour la mesure du bruit.....	101
A.1	Mesure du niveau de signal	101
A.2	Mesure du niveau de bruit.....	101
Annexe B (normative)	Facteur de correction pour un analyseur de spectre	103
Annexe C (normative)	Définitions du paquet vide et de la séquence binaire pseudo-aléatoire	104
C.1	Définition du paquet vide	104
C.2	Définition de la séquence binaire pseudo-aléatoire	105
Bibliographie.....		106
Figure 1	– Points de référence d'un système à voie de retour active (exemple).....	68
Figure 2	– Représentation du domaine temporel d'une salve montante avec marqueur sur le préambule du signal DOCSIS	71
Figure 3	– Montage de l'appareil d'essai de mesure de la variation de réponse amplitude-fréquence	72
Figure 4	– Graticule de taux d'écho	77
Figure 5	– Montage de l'appareil d'essai pour la mesure du taux d'écho	78
Figure 6	– Montage d'essai de la stabilité de fréquence.....	80
Figure 7	– Principe de mesure du TEB.....	81
Figure 8	– Réponse des filtres passe-bande et coupe-bande	83
Figure 9	– Montage d'essai du rapport de puissance de bruit (<i>NPR</i>)	84
Figure 10	– Rapport de puissance de bruit en fonction de la densité de puissance RF appliquée à l'entrée de l'émetteur optique et détermination de l' <i>OMI</i> 100 %	85
Figure 11	– Exemple de réponse amplitude-fréquence du filtre passe-bande facultatif.....	85
Figure 12	– Exemple de dynamique de rapport de puissance de bruit	87
Figure 13	– Dynamique tracée en fonction du rapport de puissance de bruit	87
Figure 14	– Variante de principe de mesure de rapport de puissance de bruit.....	88
Figure 15	– Relation entre la méthode classique de mesure du rapport de puissance de bruit et la méthode à plusieurs porteuses.....	90
Figure 16	– Montage d'essai pour mesure de rapport d'erreur de modulation	91
Figure 17	– Exemple de schéma de constellation pour un format de modulation QAM64	92
Figure 18	– Effets perturbateurs de signaux montants sur des signaux descendants	93
Figure 19	– Effets perturbateurs de signaux descendants sur des signaux montants	93
Figure 20	– Effets perturbateurs de signaux montants d'un service 1 sur des signaux montants d'un service différent (par exemple le service 2).....	94
Figure 21	– Effets perturbateurs de signaux montants d'un service spécifique (par exemple le service 2) sur des signaux montants du même service	94
Figure 22	– Identification des sous-bandes les plus répandues de la bande de voie de retour présentant une qualité de transmission limitée	100
Figure A.1	– Facteur de correction de bruit <i>CF</i> en dB en fonction de la différence de niveau mesurée <i>D</i> en dB.....	102
Tableau 1	– Exemples de largeur de bande de Nyquist de porteuses à modulation numérique.....	69

Tableau 2 – Fréquences réjectées du filtre coupe-bande	83
Tableau 3 – Résumé des exigences relatives au rapport d'erreur de modulation (<i>MER</i>) conformément à l'ETSI EN 302 878-2 , V.1.1.1 (2011-11) (article 6.2.22.3.2).....	95
Tableau 4 – Exigences relatives aux performances des systèmes pour différents formats de modulation pour un $TEB = 10^{-4}$	97
Tableau 5 – Comparaison des paramètres de performances des systèmes indiqués au Tableau 4 à ceux spécifiés dans les spécifications de l'ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11).....	98
Tableau 6 – Bandes de fréquences de la voie de retour.....	99
Tableau 7 – Raisons de la réduction de la qualité de transmission dans des sous-bandes de la voie de retour.....	99
Tableau A.1 – Facteur de correction de bruit	101
Tableau C.1 – Définition du paquet vide du flux de transport	105

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60728-10:2014

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 10: Performances des systèmes de voie de retour

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 60728-10 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 la CEI: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 2005 dont elle constitue une révision technique.

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

- mise à jour de l'état de la technique de la transmission de voie de retour dans les réseaux de distribution par câbles;

- dispositions pour les normes DOCSIS 3.0 et EuroDOCSIS 3.0 relatives à la transmission;
- révision du paragraphe 4.3 sur la mesure des niveaux de canaux;
- nouveau paragraphe 4.12 relatif à la méthode de mesure du rapport de puissance de bruit sur voie de retour;
- nouveau paragraphe 4.13 relatif aux mesures à 10 porteuses;
- nouveau paragraphe 4.14 relatif à la méthode de mesure du rapport d'erreur de modulation (MER);
- révision du paragraphe 5.2, par rapport aux paramètres analogiques qui influencent les performances du système.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
100/2247/FDIS	100/2283/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La liste de toutes les parties de la série CEI 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 la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Les normes et les documents de la série CEI 60728 traitent des réseaux de distribution par câbles, y compris des appareils et des méthodes de mesure associées, destinés à la réception en tête de réseau, au traitement et à la distribution des signaux de télévision, des signaux de radiodiffusion sonore et au traitement, à l'interfaçage et à la transmission de toutes sortes de signaux de données pour services interactifs en utilisant tout support de transmission approprié. Ces signaux sont généralement transmis dans des réseaux par des techniques de multiplexage en fréquence.

Cela comprend, par exemple

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

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

Ce travail de normalisation va des antennes et/ou des entrées pour source de signal particulière en tête de réseau ou encore d'autres points d'interface d'accès au réseau jusqu'à l'entrée du terminal de l'équipement de l'abonné.

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 (c'est-à-dire, syntoniseurs, récepteurs, décodeurs, terminaux multimédias, etc.) et des câbles coaxiaux, à paires symétriques et optiques et leurs accessoires, en est exclue.

Les matériels spécifiques installés dans les réseaux de distribution par câbles pour l'exploitation de telles voies de retour sont normalisés dans les normes relatives aux matériels. Voir CEI 60728-3, CEI 60728-4, CEI 60728-5, CEI 60728-6.

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

Partie 10: Performances des systèmes de voie de retour

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60728-10 spécifie la voie de retour transparente des réseaux de distribution par câbles fonctionnant dans la totalité ou des parties de la bande de fréquences située entre 5 MHz et 85 MHz. La limite supérieure de fréquence de la voie de retour, pour laquelle les signaux radio FM sont transmis dans un réseau de distribution par câbles, est réduite à 65 MHz. Des fréquences plus élevées peuvent être utilisées dans des réseaux à fibres optiques.

NOTE De plus, on peut utiliser la bande de fréquences comprise entre 0 MHz et 5 MHz pour des transmissions en voie de retour, par exemple pour les systèmes de gestion des réseaux (NMS) ou à des fins de contrôle, de surveillance et de signalisation. Les applications aux fréquences inférieures à 5 MHz ne sont pas couvertes par la présente norme.

Les spécifications des systèmes de transmission (par exemple DOCSIS) ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60728 (toutes les parties), *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs*

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

CEI 60728-2, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 2: Electromagnetic compatibility for equipment* (disponible en anglais seulement)

IEC 60728-5, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 5: Headend equipment* (disponible en anglais seulement)

CEI 60728-12, *Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 12: Electromagnetic compatibility of systems* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 13818-1:2007, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 1: Systems* (disponible en anglais seulement)

UIT-R BT.470 BT.470: *Systèmes de télévision analogique classiques*

CLC/TR 50083-10-1:2009, *Lignes directrices relatives à la mise en œuvre de la voie de retour dans les réseaux câblés*

ETSI ES 200 800, *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interaction channel for Cable TV distribution systems (CATV)*

ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11), *Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATM); Third Generation Transmission Systems for Interactive Cable Television Services – IP Cable Modems; Part 2: Physical Layer; DOCSIS 3.0*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

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

3.1.1

variation de réponse amplitude-fréquence

variation crête à crête en réponse amplitude-fréquence d'une voie de signal spécifiée sur une bande de fréquence spécifiée

Note 1 à l'article: La variation de réponse amplitude-fréquence est exprimée en dB.

3.1.2

signal de diffusion

signal comprenant un contenu vidéo et/ou audio et/ou de données, distribué simultanément vers plusieurs récepteurs

3.1.3

réseau d'antennes communautaires

réseaux de distribution par câbles à large bande régionaux et locaux permettant de fournir des signaux de radiodiffusion sonore et de télévision ainsi que des signaux pour des services interactifs vers une zone régionale ou locale

Note 1 à l'article: A l'origine défini comme un réseau de télévision à antenne communautaire.

Note 2 à l'article: Réseau d'antennes communautaires s'appelle *CATV network* en anglais.

3.1.4

disponibilité de canal

pourcentage du temps pendant lequel le canal remplit toutes les exigences de qualité de fonctionnement

Note 1 à l'article: On doit publier la durée du temps d'observation.

3.1.5

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 éventuellement être combiné à des antennes terrestres pour recevoir aussi des signaux de télévision et/ou de radio via des 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 particuliers (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens montant.

3.1.6

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 l'antenne de réception terrestre

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

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

3.1.7

sens descendant <de la voie>

sens de circulation du signal dans un réseau de distribution par câbles à partir de la tête de réseau ou de tout autre point central (nœud) d'un réseau de distribution par câbles vers la zone d'utilisateurs

3.1.8

voie directe

partie d'un réseau de distribution par câbles par laquelle les signaux sont distribués dans le sens descendant à partir de la tête de réseau ou de tout autre point central (nœud) d'un réseau de distribution par câbles vers la zone d'utilisateurs

Note 1 à l'article: La voie directe était anciennement appelée voie descendante.

3.1.9

erreur de fréquence

qualité de fourniture évaluée sur la base de la fréquence réelle d'un système électrique comparée à sa valeur nominale

Note 1 à l'article: L'erreur de fréquence comprend l'erreur initiale et la stabilité de fréquence à court terme et à long terme.

3.1.10

tête de réseau

matériels connectés entre les antennes de réception ou d'autres sources de signaux et la partie restante du réseau de distribution par câbles et destinés au traitement des signaux à distribuer

Note 1 à l'article: La tête de réseau peut par exemple comprendre des amplificateurs d'antenne, des convertisseurs de fréquences, des combineurs, des séparateurs et des générateurs.

3.1.11

réseau hybride fibre coaxiale

HFC

réseau de distribution par câbles comprenant des matériels et des câbles optiques ainsi que des matériels et des câbles coaxiaux dans différentes parties du réseau

3.1.12

bruit impulsif

bruit produit par brouillage électromagnétique dans les réseaux de distribution par câbles

Note 1 à l'article: Le bruit impulsif est caractérisé par des impulsions d'une durée de typiquement <10 µs.

3.1.13

système individuel de réception de télévision par satellite

système prévu pour fournir à un logement individuel des signaux de télévision et de radiodiffusion sonore reçus par satellite

Note 1 à l'article: Ce type de système peut aussi transporter des signaux de commande pour les systèmes commutés par satellite ou d'autres signaux pour des systèmes de transmission particuliers (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens montant.

3.1.14

système individuel de réception de télévision terrestre

système prévu pour fournir à un logement individuel des signaux de télévision et de radiodiffusion sonore reçus par réseaux de radiodiffusion terrestre

Note 1 à l'article: Ce type de système peut aussi transporter d'autres signaux pour des systèmes de transmission particuliers (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens montant.

3.1.15

brouilleur électromagnétique

bruit produit par brouillage électromagnétique dans les réseaux de distribution par câbles

Note 1 à l'article: La puissance du brouilleur électromagnétique diminue quand la fréquence augmente. Elle est présent de façon permanente mais son intensité varie lentement en fonction du temps.

3.1.16

voie d'interactivité

partie d'un réseau de distribution par câbles par laquelle les signaux d'interactivité sont transmis dans le sens descendant (de la tête de réseau ou du nœud vers l'utilisateur) et dans le sens montant (de l'utilisateur vers la tête de réseau ou vers le nœud)

3.1.17

réseau local de distribution par câbles à large bande

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

3.1.18

bruit spécifique au site

bruit survenant dans une zone spécifique d'un réseau de distribution par câbles ou survenant dans un réseau de distribution par câbles localisé dans un environnement spécifique

3.1.19

réseau MATV

réseaux ou systèmes de distribution de télévision terrestres étendus destinés à fournir des signaux de radiodiffusion sonore et de télévision reçus par une antenne de réception terrestre à des habitations dans un ou plusieurs bâtiments

Note 1 à l'article: A l'origine défini comme un réseau de télévision à antenne collective.

Note 2 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut éventuellement être combiné à des antennes satellites pour recevoir aussi des signaux de télévision et/ou de radio via des réseaux satellites.

Note 3 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut aussi transporter d'autres signaux pour des systèmes de transmission particuliers (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens montant.

3.1.20

brouilleurs multiples

brouilleurs comprenant au moins deux signaux provenant d'au moins deux sources différentes

Note 1 à l'article: Dans la voie de retour, les brouilleurs multiples comprennent les brouilleurs électromagnétiques et les produits d'intermodulation.

3.1.21

signal multimédia

signal comprenant deux ou plus contenus de médias différents, par exemple vidéo, audio, texte, données, etc.

3.1.22

système de gestion de réseau

NMS

système basé sur un logiciel pour le contrôle et la supervision des réseaux de distribution par câbles

3.1.23

segment de réseau

partie d'un réseau de distribution par câbles composé d'un ensemble de fonctions et/ou d'une partie spécifique d'un réseau complet de distribution par câbles

3.1.24**terminaison de réseau**

terminaison électrique d'un réseau de distribution par câbles située à n'importe quelle prise du côté de l'utilisateur et du côté de la tête de réseau ou du nœud

3.1.25**nœud**

point central d'un segment de réseau où des signaux peuvent être appliqués dans la voie directe ou peuvent être rassemblés à partir de la voie de retour d'un certain nombre d'utilisateurs

3.1.26**réseau régional de distribution par câbles à large bande**

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

3.1.27**voie de retour**

partie d'un réseau de distribution par câbles par laquelle des signaux sont transmis dans le sens montant, à partir de tout utilisateur connecté au réseau, vers la tête de réseau ou vers tout autre point central (nœud) d'un réseau de distribution par câbles

Note 1 à l'article: La voie directe était anciennement appelée voie descendante.

3.1.28**sens montant**

sens de circulation du signal dans un réseau de distribution par câbles à partir d'un utilisateur vers la tête de réseau ou vers tout autre point central (nœud) d'un réseau de distribution par câbles

3.1.29**réseau SMATV**

réseaux ou systèmes de distribution étendus destinés à fournir des signaux de radiodiffusion sonore et de télévision reçus par une antenne de réception satellite à des habitations dans un ou plusieurs bâtiments

Note 1 à l'article: A l'origine défini comme un réseau de télévision à antenne satellite collective.

Note 2 à l'article: Ce type de réseau ou de système peut éventuellement être combiné à des antennes terrestres pour recevoir aussi des signaux de télévision et/ou de radio via des réseaux terrestres.

Note 3 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 particuliers (par exemple MoCA ou WiFi) dans le sens montant.

3.2 Symboles

Les symboles graphiques suivants sont utilisés dans les figures de la présente norme. Ces symboles sont énumérés dans la CEI 60617, la CEI 60417 ou inspirés de symboles définis dans la CEI 60617.

Symboles	Termes	Symboles	Termes
	Récepteur optique [CEI 60617-S00213 (2001-07)]		Analyseur de spectre électrique [CEI 60617-S00910 (2001-07)]
	Générateur d'ondes d'essai [CEI 60617-S01225 (2001-07)]		Réseau de distribution passif [CEI 60617-S00910 (2001-07)]
	Générateur de signal variable [CEI 60617-S00899 (2001-07), CEI 60617-S01403 (2001-09), CEI 60617-S00081 (2001-07)]		Oscilloscope [CEI 60617-S00059, CEI 60617-S00922 (2001-07)]
	Atténuateur variable [CEI 60617-S01245 (2001-07)]		Filtre passe-bas [CEI 60617-S01248 (2001-07)]
	Filtre passe-haut [CEI 60617-S01247 (2001-07)]		Système en essai/Réseau en essai [CEI 60617-S00060 (2007-07)]
	Démodulateur [CEI 60417-5260 (2002-10)]		Modulateur [CEI 60417-5261 (2002-10)]
	Amplificateur avec amplificateur de voie de retour [CEI 60617-S00433 (2001-07)]		Détecteur de taux d'erreur binaire [IEC 60617-S00059, IEC 60617-S00910 (2001-07)]

3.3 Abréviations

Les abréviations suivantes sont utilisées dans la présente norme:

TEB	Taux d'erreur sur les bits	BW	Largeur de bande, largeur de bande équivalente de bruit (<i>Bandwidth</i>)
CATV	Antenne communautaire (<i>Community antenna television</i>)	CB	Bande banalisée (<i>Citizen band</i>)
CIN	Bruit d'intermodulation composite (<i>Composite intermodulation noise</i>)	CM	Câble modem (<i>Modem Cable</i>)
C/MI	Rapport porteuse à brouilleurs multiples (<i>Carrier-to-multiple interference ratio</i>)	CMTS	Système de terminaison par modem câblé (<i>Cable Modem Termination System</i>)
C/N	Rapport porteuse sur bruit (<i>Carrier-to-noise ratio</i>)	DVB	Radiodiffusion vidéo numérique (<i>Digital Video Broadcasting</i>)
CEM	Compatibilité électromagnétique	FM	Modulation de fréquence (<i>Frequency Modulation</i>)
MDF	Modulation par déplacement de fréquence	HFC	Fibre coaxiale hybride (<i>Hybrid Fibre Coaxial</i>)

HNI	Interface du réseau domestique (<i>Home Network Interface</i>)	IF	Fréquence intermédiaire (intermediate frequency)
ISM	Industriel, scientifique, médical (matériel)	FPB	Filtre passe-bas
MATV	Antenne collective de télévision (réseau) (<i>Master Antenna TeleVision</i> (network))	MER	Taux d'erreur de modulation (<i>Modulation Error Ratio</i>)
MoCA	Multimedia over Cable Alliance	NMS	Système de gestion de réseau
NPR	Rapport de puissance de bruit (<i>Noise Power Ratio</i>)	NUT	Réseau en essai (<i>Network Under Test</i>)
OFDM	Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (<i>Orthogonal Frequency Division</i> <i>Multiplexing</i>)	OMI	Indice de modulation optique (<i>Optical Modulation Index</i>)
PRBS	Séquence binaire pseudo- aléatoire (<i>Pseudo Random Binary</i> <i>Sequence</i>)	QAM	Modulation d'amplitude en quadrature
MDP4	Modulation par déplacement de phase quadrivalente	RF	Radiofréquence
RMS	Valeur efficace (<i>Root Mean Square</i>)	RBW	Bande passante de résolution (<i>Resolution BandWidth</i>)
S	Niveau de signal, avant correction	AMRCS	Accès multiple par répartition en code synchrone
SL	Niveau du signal (corrigé) (<i>Signal Level (corrected)</i>)	SMATV	Antenne collective avec réception de satellites (réseau) (<i>Satellite Master Antenna</i> <i>TeleVision (network)</i>)
S/N	Rapport signal/bruit (Signal-to-Noise ratio)	$S_{D,RF}/N$	Rapport signal/bruit (signal numérique RF) (Signal-to-noise ratio (RF digital signal))
SUT	Système en essai (<i>System Under Test</i>)	AMRT	Accès multiple par répartition temporelle
TV	Télévision	WiFi	Wireless Fidelity

4 Méthodes de mesure

4.1 Généralités

Une voie de retour active ne transporte typiquement que des signaux montants. Une voie de retour passive peut être utilisée à la fois pour des signaux montants et descendants.

La présente norme établit les méthodes de mesure fondamentales pour des signaux utilisés typiquement dans la voie de retour des réseaux de distribution par câbles afin d'évaluer les performances et les limites des performances de ces signaux.

Toutes les exigences se rapportent aux limites des performances de fonctionnement qui doivent être obtenues entre les points de référence (Figure 1) du système de voie de retour.

Un point de référence est l'appareil terminal sur le réseau près de l'interface du réseau domestique ou de la prise terminale de l'abonné. C'est le dernier point où tous les signaux descendants et montants sont présents et transportés sur le même câble. S'il n'existe aucun

appareil terminal sur le réseau, le point de référence est la prise terminale ou la prise d'utilisateur.

L'autre point de référence est l'entrée du récepteur de voie de retour (ou du transposeur) dans le système de terminaison en tête de réseau. En ce point se termine le trajet transparent du signal et au-delà de ce point, le signal est traité de manière non transparente. Le récepteur du signal de la voie de retour peut être situé à la tête de réseau mais il peut aussi être situé au nœud de la cellule coaxiale ou à tout autre point du réseau (où est situé le système de terminaison en tête de réseau).

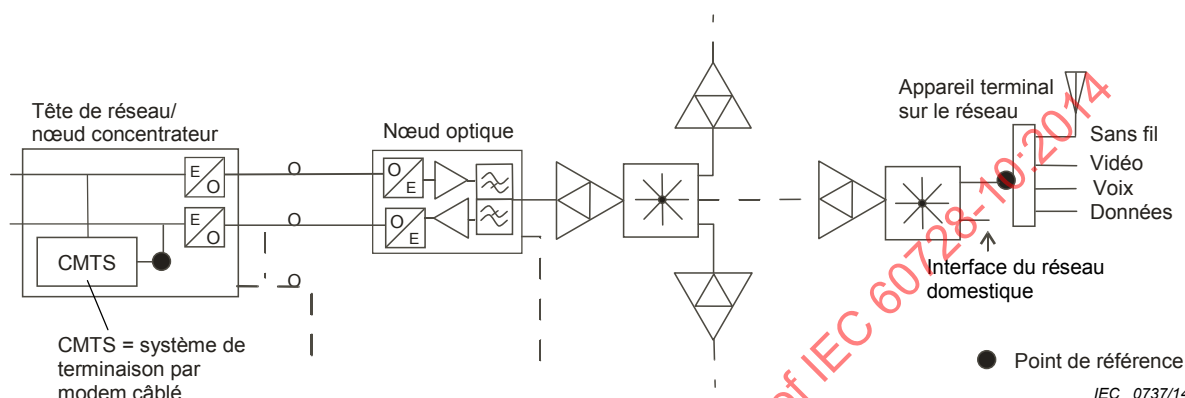


Figure 1 – Points de référence d'un système à voie de retour active (exemple)

En plus des exigences relatives aux performances de fonctionnement pour l'acheminement transparent du signal de la voie de retour, des recommandations relatives aux performances des systèmes ont été établies dans la présente norme. Ceci inclut, par exemple, l'allocation globale des fréquences, l'utilisation de techniques de modulation spécifiques pour différents services interactifs multimédias ou pour différentes sous-bandes comprises dans la bande de fréquences de la voie de retour, etc.

4.2 Initialisation du réseau

Même si l'objectif principal du présent paragraphe est de décrire les méthodes de mesure des performances de la voie de retour, il est très important de mettre ces méthodes en œuvre dans un réseau correctement aligné. L'Article 8 "Installation et maintenance" du CLC/TR 50083-10-1:2009 est référencé qui décrit de façon détaillée l'ajustement du niveau du signal pour la voie directe et le sens montant.

4.3 Mesure du niveau de canal

4.3.1 Généralités

La méthode décrite s'applique à la mesure du niveau de canal des porteuses à modulation numérique et du niveau de canal des porteuses à modulation numérique par intermittence. Le niveau de canal d'une porteuse à modulation numérique est la tension en valeur efficace d'un signal sinusoïdal capable de produire le même échauffement dans une résistance de 75 Ω , comme le fait le signal réel. Dans le cas d'un canal à modulation numérique par intermittence, occupant un créneau temporel assigné dans une séquence de créneaux temporels à accès multiple par répartition temporelle (AMRT), le niveau à prendre en compte doit être équivalent à celui d'un signal mesuré (l'un des signaux multiples compris dans l'ensemble de la séquence) transmis de façon continue.

NOTE Les termes "niveau de signal", "niveau de porteuse", "niveau de canal", "puissance de porteuse" et "puissance de canal" sont souvent utilisés comme synonymes. Dans le cas d'un signal à ondes entretenues, le terme "niveau de porteuse" est le plus approprié. Lorsqu'une porteuse est modulée par des informations numériques, le terme le plus adapté est "niveau de canal" ou "puissance de canal". Les systèmes de la voie de retour sont chargés de porteuses à modulation qui sont dans la plupart des cas des porteuses à modulation numérique.

4.3.2 Matériel exigé

Le matériel exigé est un analyseur de spectre possédant une largeur de bande de bruit connue et un affichage étalonné. Il convient que la précision d'étalonnage soit de préférence d'environ 0,5 dB.

4.3.3 Raccordement du matériel

Brancher l'appareillage de mesure au point où la mesure doit être effectuée en utilisant un cordon de raccordement approprié. Bien veiller à l'adaptation correcte des impédances.

4.3.4 Mode opératoire de mesure pour les porteuses à modulation numérique

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes suivantes:

- si l'on est en présence d'un niveau élevé de champ ambiant, vérifier que l'appareillage de mesure ne présente aucun affichage parasite. Brancher une terminaison blindée à l'extrémité du cordon de raccordement, placer l'appareil d'essai connecté au cordon de raccordement à l'endroit approximatif de leurs positions de mesure et vérifier que l'indication de l'appareil est négligeable à la fréquence ou aux fréquences et aux calibres à utiliser;
- accorder l'analyseur de spectre sur le canal qui doit être mesuré (en sélectionnant la fréquence centrale de l'analyseur de spectre) et utiliser les réglages de largeur de balayage et de niveau pour afficher la totalité du canal. Des exemples de largeur de bande de Nyquist de porteuses à modulation numérique sont donnés au Tableau 1.

Tableau 1 – Exemples de largeur de bande de Nyquist de porteuses à modulation numérique

Type de canal numérique Mbit/s	Largeur de bande de Nyquist MHz
MDP4 0,256	0,128
MDP4 0,288	0,187 5
MDP4 0,576	0,375
MDP4 1,152	0,750
MDP4 1,544	0,772
MDP4 2,304	1,500 0
MDP4 3,088	1,544
MDP4 4,608	3,000
QAM16 12,8	3,200 0
QAM64 30,7	6,400 0

- régler la largeur de bande de résolution (RBW) de l'analyseur de spectre à 30 kHz (ou à moins d'un dixième de la largeur de bande équivalente du signal) et la largeur de bande vidéo à 1 kHz (ou moins pour obtenir un affichage lissé). Utiliser un détecteur de type quadratique;
- mesurer le niveau de signal (S) à la fréquence centrale du canal en dB(μV);
- mesurer les fréquences à –3 dB du canal. La différence entre ces deux fréquences est considérée comme la largeur de bande équivalente du signal (BW);

NOTE Cette mesure est importante pour le format de modulation MDP4 pour lequel la largeur de bande équivalente du signal dépend du débit binaire du signal transmis et du code interne utilisé.

- calculer le niveau du signal (SL) par la formule suivante:

$$SL = S + 10 \lg (BW / RBW) + K$$

Le facteur de correction (K) dépend de l'appareillage de mesure utilisé et doit être fourni par le fabricant de l'appareillage de mesure ou obtenu par étalonnage. La valeur du facteur de correction pour un analyseur de spectre typique est d'environ 1,7 dB (voir Annexe B).

Si l'appareillage de mesure peut afficher le niveau en dB(mW/Hz), le facteur de correction K n'est pas nécessaire et le niveau (SL) en dB(mW) peut être obtenu à partir du niveau mesuré (S) par la formule suivante:

$$SL = S + 10 \lg (BW)$$

NOTE Cette méthode mesure en fait le niveau $S+N$. La contribution du bruit est considérée comme négligeable si le niveau du bruit situé en dehors de la largeur de bande équivalente du canal est inférieur d'au moins 15 dB au niveau mesuré (S).

4.3.5 Mode opératoire de mesure pour les porteuses à modulation numérique par intermittence

4.3.5.1 Transmission AMRT

En mode transmission AMRT, l'amplitude du préambule du signal montant à modulation numérique, qui est égal à la puissance moyenne du signal, doit être mesurée.

L'analyseur de spectre, accordé sur la fréquence centrale du canal, est réglé en mode largeur de balayage zéro et un affichage similaire à celui montré en Figure 2 est obtenu.

Le niveau de canal est obtenu en lisant la crête (marqueur) de l'enveloppe affichée du préambule du signal.

En raison de la transmission en mode intermittent, la fonction "maintien maximal" (Max Hold) doit être activée afin de permettre à l'analyseur de spectre de capter les signaux transitoires comme les salves du canal de voie de retour du modem-câble. L'analyseur de spectre affiche le niveau mesuré le plus élevé et le maintient jusqu'à ce que la trace soit effacée. Si différents modems-câble émettent à la même fréquence à différents niveaux, le niveau de canal le plus élevé est affiché.

4.3.5.2 Transmission ARMCS

En mode transmission ARMCS, les données sont transmises à l'aide d'un code orthogonal. Au cours d'une salve, les signaux étalés des différents codes sont additionnés. Le niveau de canal du signal composé dépend du nombre de codes utilisés simultanément. Avec un petit nombre de codes on obtient une faible puissance de canal. Une mesure précise du niveau de canal peut être obtenue lorsque tous les codes possibles sont utilisés au cours d'une même salve. La fonction "maintien maximal" de l'analyseur de spectre doit être activée afin de mesurer le niveau de canal de façon raisonnablement précise, si tous les codes possibles sont utilisés pendant les salves mesurées.

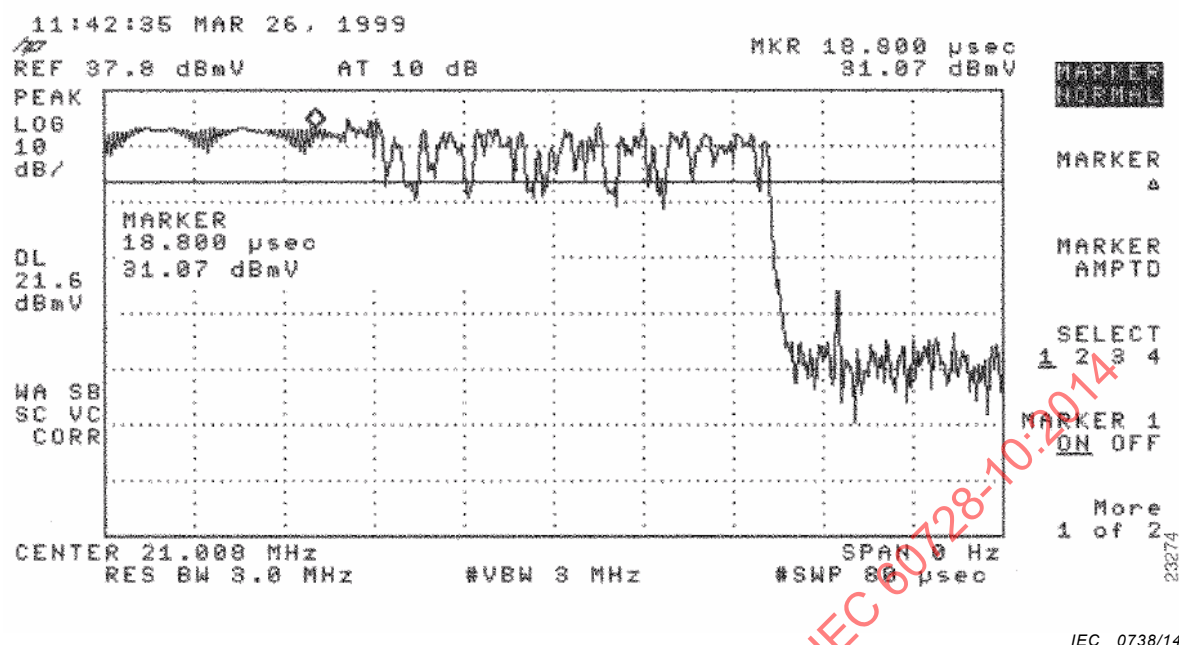


Figure 2 – Représentation du domaine temporel d'une salve montante avec marqueur sur le préambule du signal DOCSIS

4.3.6 Présentation des résultats

Le niveau mesuré doit être exprimé en dB(μ V) référencé à 75 Ω .

4.4 Mesure de la variation de réponse amplitude-fréquence

4.4.1 Contexte

Il existe un certain nombre d'appareils d'essai disponibles sur le marché qui sont spécifiquement conçus à cet effet. Cependant, comme ils peuvent ne pas être aisément disponibles, la méthode générique de mesure décrite ici utilise l'appareil d'essai qui est normalement utilisé en service par l'équipe d'ingénierie de CATV.

Noter que la méthode de mesure proposée ne peut pas être utilisée dans des réseaux en fonctionnement normal.

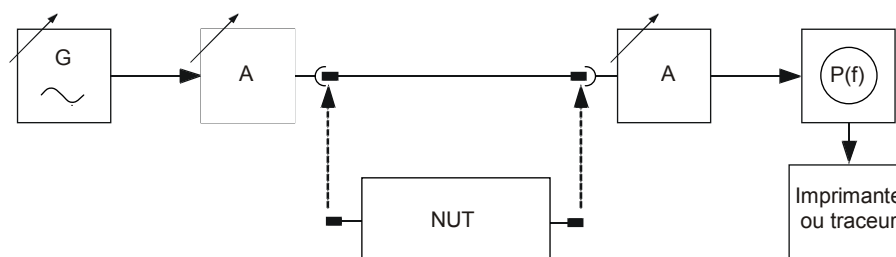
4.4.2 Matériel exigé

Le matériel suivant est exigé:

- l'ensemble de l'appareillage et des câbles nécessaires pour cette méthode de mesure doivent avoir une impédance de 75 Ω (avec des atténuateurs d'adaptation, si nécessaire);
- un générateur de signal couvrant au moins 3 MHz à 90 MHz. Il convient que celui-ci ait un niveau de sortie d'au moins 114 dB(μ V) et il doit être en mesure d'effectuer un balayage automatique;
- un analyseur de spectre couvrant la gamme de fréquences concernée. Il doit avoir un maintien de crête et un dispositif de stockage et être capable d'effectuer le balayage à faible vitesse (supérieure à 30 s pour une trace horizontale);
- un atténuateur étalonné qui peut être modifié en étapes de 1 dB. Il doit être approprié pour la gamme de fréquences concernée et peut être incorporé dans l'analyseur de spectre;
- un traceur ou une imprimante qui peut être utilisé pour mémoriser la trace sur l'écran de l'analyseur de spectre. Ceci est facultatif mais souhaitable.

4.4.3 Raccordement du matériel

L'équipement doit être connecté de la façon illustrée à la Figure 3.



IEC 0739/14

Figure 3 – Montage de l'appareil d'essai de mesure de la variation de réponse amplitude-fréquence

4.4.4 Etalonnage du matériel

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes suivantes:

- Régler le générateur de balayage pour couvrir la gamme de fréquences à mesurer et la sortie au niveau de référence de conception.
- Régler le temps de balayage à 50 ms ou moins.
- Connecter la sortie de balayage du générateur à l'entrée de l'analyseur de spectre. Des atténuateurs variables étalonnés peuvent être exigés s'ils ne sont pas incorporés dans l'analyseur de spectre.
- Régler l'affichage de l'analyseur de telle sorte que le balayage soit sur l'écran à la résolution verticale réglée à 1 dB par division. Il convient de régler la plage de fréquence pour balayer au moins à 2 MHz au-dessus et au-dessous de la gamme concernée.
- Régler la largeur de bande de résolution (RBW) de l'analyseur de spectre à 1 MHz et la largeur de bande vidéo à 100 kHz. Ajuster le temps de balayage de l'analyseur à 50 s ou supérieur.
- Régler l'affichage sur "maintien maximal" et sur balayage unique. Libérer l'écran.
- Déclencher l'analyseur et saisir le balayage de référence à l'écran. Enregistrer le résultat. Lorsque l'analyseur de spectre a une fonction "de normalisation", ceci peut être utilisé au niveau de ce point.
- Augmenter la perte de voie de 1 dB et répéter l'étape g). Répéter pour obtenir les lignes d'étalonnage de 0 dB à -10 dB.
- Remettre l'atténuateur au réglage initial (étalonnage 0 dB).

4.4.5 Méthode de mesure

Connecter l'analyseur et le générateur de balayage aux points du réseau à mesurer. S'assurer que le niveau d'injection de balayage et les niveaux d'entrée d'analyseur sont aux réglages corrects. Répéter le balayage unique et tracer le résultat. La variation de réponse amplitude-fréquence peut être lue à partir du traçage final.

4.4.6 Présentation des résultats

La variation de réponse amplitude-fréquence est exprimée en dB en tant qu'excursion maximale à minimale. L'injection et les points de mesure doivent être indiqués ainsi que les limites de fréquences.

4.5 Mesure du rapport signal/bruit ($S_{D,RF}/N$)

4.5.1 Généralités

La mesure de $S_{D,RF}/N$ d'un canal de télévision numérique est décrite dans la CEI 60728-1. La même méthode peut aussi être utilisée sur la voie de retour. Une largeur de bande de bruit qui est applicable au canal à l'essai doit être utilisée.

La présente norme décrit une méthode de mesure pour des canaux présentant un spectre de fréquences sans porteuse apparente (par exemple pour des canaux modulés en MDP4 ou en QAM). Le rapport signal/bruit ($S_{D,RF}/N$) dans un tel canal est égal à la puissance transportée dans le canal modulé, divisée par la puissance de bruit du canal. La puissance de bruit du canal est égale à la puissance du bruit qui est présent dans la totalité de la bande du canal modulé.

Le brouilleur électromagnétique peut interférer avec les mesures $S_{D,RF}/N$. Afin de minimiser l'influence des brouilleurs électromagnétiques, il convient de mesurer le rapport $S_{D,RF}/N$ aux fréquences supérieures à 15 MHz ou à des fréquences pour lesquelles la voie de retour est conçue.

4.5.2 Matériel exigé

Le matériel exigé est un analyseur de spectre possédant une largeur de bande de bruit connue et un affichage étalonné. Il convient que la précision d'étalonnage soit de préférence d'environ 0,5 dB.

4.5.3 Raccordement du matériel

Brancher l'appareillage de mesure au point où la mesure doit être effectuée en utilisant un cordon de raccordement approprié. Bien veiller à l'adaptation correcte des impédances.

4.5.4 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes suivantes:

- Accorder l'analyseur de spectre sur le canal qui doit être mesuré (en sélectionnant la fréquence centrale de l'analyseur de spectre) et utiliser les réglages de largeur de balayage et de niveau pour afficher la totalité du canal;
- Régler la largeur de bande de résolution (RBW) de l'analyseur de spectre à 30 kHz (ou à moins d'un dixième de la largeur de bande équivalente du signal) et la largeur de bande vidéo à 1 kHz (ou moins pour obtenir un affichage lissé); Utiliser un détecteur de type quadratique.
- Noter le niveau du signal (S) à la fréquence centrale du canal en dB(μ V) ou en dB(mW) en utilisant le curseur de la ligne d'affichage si cette caractéristique est disponible;
- Couper le canal à l'entrée du système ou refermer l'accès d'entrée sur une impédance adaptée. Si nécessaire, effectuer un réglage fin de la fréquence centrale de l'analyseur de spectre pour éviter les porteuses des brouilleurs électromagnétiques. Sinon, utiliser le même réglage de l'analyseur de spectre que celui décrit au b) et mesurer le niveau de bruit (N) en dB(μ V) ou en dB(mW). Si le signal ne peut pas être coupé pendant les mesures, effectuer une mesure de niveau de bruit à une fréquence proche du canal n'incluant que du bruit gaussien;
- Il convient que l'analyseur de spectre présente un niveau de bruit inférieur de plus de 10 dB au niveau de bruit mesuré (N). Le vérifier en refermant l'entrée de l'analyseur de spectre. Si la différence entre N et le bruit de l'analyseur de spectre est comprise entre 3 dB et 10 dB, corriger la valeur de N comme conseillé à l'Annexe B;
- Calculer le rapport signal/bruit $S_{D,RF}/N$ en utilisant la formule suivante:

$$S_{D,RF}/N = S - N$$

où

$S_{D,RF}/N$ est le rapport signal sur bruit, en dB;

S est le niveau de la porteuse en dB(μ V) ou en dB(mW);

N est le niveau du bruit en dB(μ V) ou en dB(mW).

4.5.5 Présentation des résultats

Le rapport signal/bruit mesuré $S_{D,RF}/N$ doit être exprimé en décibels.

4.6 Mesure des brouilleurs multiples

4.6.1 Généralités

Les brouilleurs multiples comprennent les brouilleurs électromagnétiques et les produits d'intermodulation. Ils sont mesurés par un analyseur de spectre. Pendant 24 h, le spectre des brouilleurs multiples est enregistré dans une mémoire de données toutes les 10 s.

Comme les signaux de la voie directe peuvent être à l'origine de produits de distorsion présents dans la voie de retour, la mesure doit être effectuée dans un réseau pour lequel tous les canaux directs sont en fonctionnement et aucun signal n'existe en voie de retour. En variante (afin de vérifier que la distorsion provoquée par les signaux montants est négligeable) effectuer une mesure avec tous les canaux des voies directe et de retour, à l'exception du canal à mesurer, en fonctionnement.

Comme le niveau du champ aux fréquences de la bande de la voie de retour dépend de plusieurs variables (par exemple: jours de la semaine, été-hiver, cycles solaires, etc.), un essai de 24 h peut ne pas donner des résultats fiables. Il convient de répéter la mesure dans des conditions différentes.

Afin de pouvoir comparer les brouilleurs multiples avec les bruits impulsifs, il convient de mesurer les deux simultanément.

CLC/TR 50083-10-1:2009, Annexe A1 donne un aperçu des facteurs des brouilleurs multiples, explique plus en détail le mode opératoire de mesure ci-dessous et donne des idées sur la façon d'extraire les informations à partir des données recueillies. Par exemple, le calcul des graphiques suivants est décrit:

- les spectrogrammes;
- les niveaux moyen, minimal et maximal dans la largeur de bande de résolution de l'analyseur de spectre par rapport à la fréquence;
- l'analyse des centiles;
- l'occurrence temporelle et de fréquence du franchissement de seuil.

4.6.2 Matériel exigé

Un analyseur de spectre équipé d'une interface de données appropriée est utilisé. Le montage de mesure doit être autonome afin que les résultats de mesure soient enregistrés automatiquement pendant la journée de mesure.

4.6.3 Raccordement du matériel

Brancher l'appareillage de mesure au point où la mesure doit être effectuée en utilisant un cordon de raccordement approprié. Bien veiller à l'adaptation correcte des impédances.

Afin de vérifier la qualité de la voie de retour, brancher l'appareillage de mesure au point de référence à la tête de réseau ou au nœud.

4.6.4 Mode opératoire de mesure

Toutes les heures de la journée de mesure, mesurer le spectre de fréquences en utilisant les réglages suivants:

- largeur de bande de résolution: 3 kHz;
- largeur de bande vidéo: 100 Hz;
- fréquences de départ et d'arrivée: selon l'exigence;
- type de détecteur: crête.

Toutes les 10 s de la journée de mesure, mesurer le spectre de fréquences en utilisant les réglages suivants:

- largeur de bande de résolution: 30 kHz;
- largeur de bande vidéo: 10 kHz;
- fréquences de départ et d'arrivée: selon l'exigence;
- type de détecteur: crête.

4.6.5 Traitement des données

Afin d'interpréter les données, la densité de puissance spectrale doit d'abord être intégrée sur les canaux de modulation sélectionnés (par exemple sur 1,544 MHz conformément à la classe C de l'ETSI ES 200 800). Le niveau de puissance dans le canal est converti en niveau de tension sur 75 Ω .

Déterminer le niveau de signal de chaque canal et calculer le pourcentage d'échantillons satisfaisant à l'exigence relative au rapport porteuse à brouilleurs multiples (C/M) pour chaque canal.

4.6.6 Présentation des résultats

Le rapport porteuse à brouilleurs multiples doit être déterminé pour chaque canal séparément. Une bonne approximation de la disponibilité de canaux est exprimée en pourcentage du temps, pendant lequel le rapport C/M (en dB) du canal satisfait à l'exigence de performance applicable.

Afin de répéter ultérieurement les mesures et d'être capable de comparer les résultats, il convient d'indiquer avec les résultats les paramètres suivants:

- l'exigence C/M utilisée;
- la fréquence centrale du canal;
- la largeur de bande du canal (BW d'intégration);
- le niveau du signal;
- l'emplacement de mesure;
- la disposition du réseau;
- la date de la mesure et le temps de démarrage et d'arrêt;
- la durée de mesure;
- les autres paramètres dont on prévoit qu'ils affectent le résultat (par exemple, la température).

4.7 Mesure du bruit impulsif

4.7.1 Généralités

Le bruit impulsif doit être mesuré avec un oscilloscope à échantillonnage. Pendant 24 h, des échantillons du bruit impulsif sont recueillis et enregistrés dans une mémoire de données. En utilisant les échantillons recueillis, on peut aussi calculer les distributions d'amplitude de l'impulsion, de largeur de l'impulsion et des instants d'arrivée. Ces données sont utilisées pour évaluer l'influence du bruit impulsif sur les différents services.

La mesure du bruit impulsif doit être effectuée lorsque la voie de retour n'est pas utilisée.

Le bruit impulsif occupe une bande large. Un filtre passe-haut ($f_{-3\text{ dB}} = 15\text{ MHz}$, -12 dB/octave , passe-haut) peut être utilisé à l'entrée du montage de mesure afin de simuler le filtre d'entrée d'un récepteur de signal montant.

Comme le bruit impulsif dépend de plusieurs variables (par exemple: jours de la semaine, été-hiver, etc.), un essai de 24 h peut ne pas donner des résultats fiables. Il convient de répéter la mesure dans des conditions différentes.

Afin de pouvoir comparer les bruits impulsifs avec les brouilleurs multiples, il convient de mesurer les deux simultanément.

4.7.2 Matériel exigé

Un oscilloscope à échantillonnage présentant une distorsion négligeable jusqu'à 50 MHz, équipé d'une interface de données appropriée et d'un filtre d'entrée (comme décrit en 4.6.1), est utilisé. Le montage de mesure doit être autonome afin que les résultats de mesure soient enregistrés automatiquement pendant la journée de mesure.

4.7.3 Raccordement du matériel

Brancher l'appareillage de mesure au point où la mesure doit être effectuée en utilisant un cordon de raccordement approprié. Bien veiller à l'adaptation correcte des impédances.

Afin de vérifier la qualité de la voie de retour, brancher l'appareillage de mesure au point de référence à la tête de réseau ou au nœud.

4.7.4 Mode opératoire de mesure

L'oscilloscope est déclenché quand le signal d'entrée atteint un seuil de déclenchement. Le seuil de déclenchement doit être plus élevé que le niveau de bruit propre à l'oscilloscope et plus élevé que le niveau des brouilleurs électromagnétiques. Un seuil approprié déclenche l'oscilloscope toutes les 2 s à 10 s. Toutes les traces de bruit impulsif et les instants de démarrage sont enregistrés dans une mémoire de données.

La longueur du tracé doit être de 100 μs . Le temps d'échantillonnage doit être de 10 ns (correspondant à une limite supérieure de fréquence de 50 MHz).

4.7.5 Traitement des données et présentation des résultats

En utilisant les données de bruit impulsif mémorisées, on peut analyser la probabilité pour que ce bruit impulsif provoque une erreur non corrigée de transmission.

Afin de répéter ultérieurement les mesures et d'être capable de comparer les résultats, il convient d'indiquer avec les résultats les paramètres suivants:

- l'algorithme qui a été utilisé pour le calcul de la probabilité d'erreur;
- les éventuels filtres (si utilisés à l'entrée du montage de mesure);

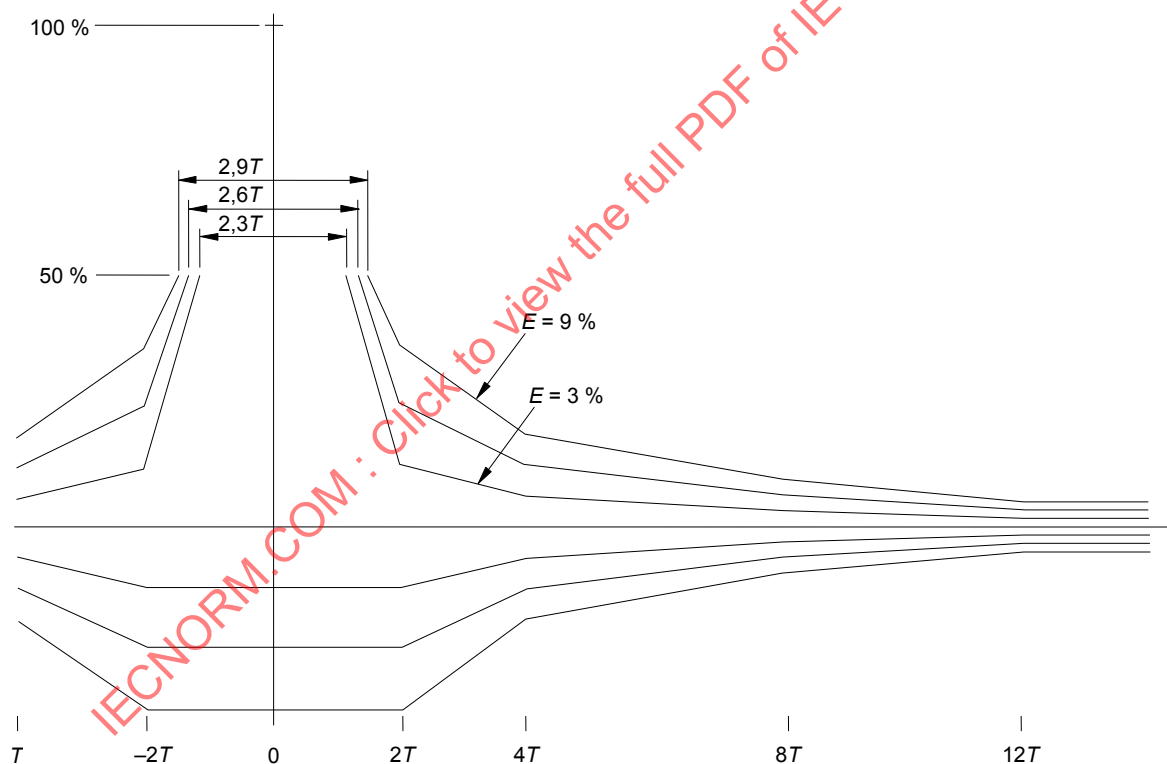
- le niveau du signal;
- l'emplacement de mesure;
- la disposition du réseau;
- la date de la mesure et le temps de démarrage et d'arrêt;
- la durée de mesure;
- les autres paramètres dont on prévoit qu'ils affectent le résultat (par exemple, la température).

4.8 Mesure du taux d'écho

4.8.1 Généralités

La méthode décrite s'applique à la mesure du décalage temporel et de l'amplitude d'un écho à un point spécifié d'un réseau de distribution par câbles, au moyen d'une impulsion en sinus carré $2T$ avec le graticule, comme indiqué à la Figure 4. On détermine un "taux d'écho" à partir de ces mesures.

NOTE Cette méthode de mesure s'applique principalement aux réseaux de distribution par câbles dans lesquels la transmission de signal analogique est aussi utilisée dans la voie de retour.



IEC 0740/14

$\pm T$	Amplitude maximale pour un taux E donné (%)		
	3	6	9
0	+100, -12	+100, -24	+100, -36
2	± 12	± 24	± 36
4	± 6	± 12	± 18
8	± 3	± 6	± 9
12	$\pm 1,5$	± 3	$\pm 4,5$

Figure 4 – Graticule de taux d'écho

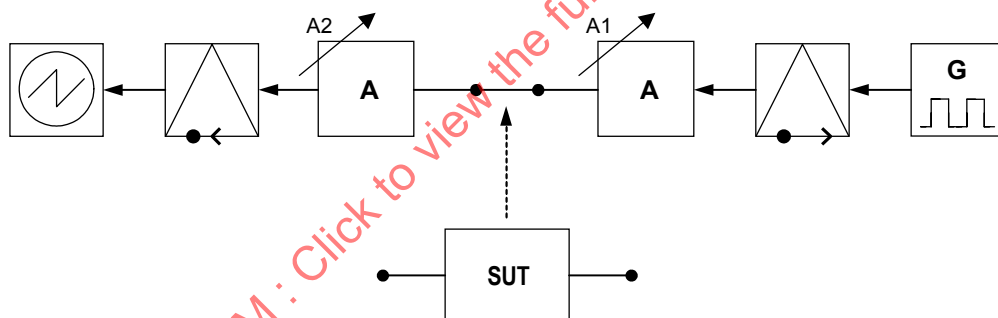
4.8.2 Matériel exigé

Ce montage d'essai doit être bien adapté et comporter les éléments suivants:

- un générateur de formes d'ondes d'essai délivrant une impulsion en sinus carré de largeur à mi-hauteur égale à $2T$, où $T = 100$ ns est la période; les signaux d'essai sont conformes à la recommandation ITU-R BT.470 BT.470,
- un modulateur présentant des caractéristiques RF (à l'exclusion du son) appropriées au système de télévision à l'étude (voir la recommandation BT.470 de l'UIT-R) et des caractéristiques d'entrée adaptées au générateur indiqué en a),
- un démodulateur synchrone présentant des caractéristiques appropriées au système de télévision est à l'étude,
- deux atténuateurs variables par pas d'un dB,
- un oscilloscope présentant une distorsion négligeable jusqu'à 5 MHz, équipé d'un graticule, comme décrit à la Figure 4.

4.8.3 Raccordement du matériel

L'équipement doit être connecté de la façon illustrée à la Figure 5. Le générateur de formes d'ondes d'essai et le modulateur sont connectés au point de référence à l'interface du réseau domestique (HNI) (Figure 1) situé près d'un abonné. Le démodulateur et l'oscilloscope sont connectés au point de référence du côté de la tête de réseau à l'entrée du système de terminaison en tête de réseau (CMTS) (Figure 1). L'appareillage de mesure doit être branché en prenant soin de maintenir une adaptation correcte des impédances.



IEC 0741/14

Figure 5 – Montage de l'appareil d'essai pour la mesure du taux d'écho

4.8.4 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes comme énumérés ci-dessous.

- Connecter l'appareil d'essai au système, comme décrit à la Figure 5.
- Régler la vitesse de la base de temps de l'oscilloscope pour qu'elle corresponde à l'échelle T sur le graticule. Régler le gain vertical et les commandes de position pour "correspondre" à l'impulsion entre la ligne zéro et le point de référence de crête d'impulsion. Examiner les performances de l'appareil d'essai (boucle de régulation), qui doivent permettre d'obtenir un taux E inférieur ou égal à 3 %.
- Régler l'atténuateur variable A1 pour obtenir un signal d'entrée au système à un niveau égal au niveau de fonctionnement normal. Régler l'atténuateur A2 pour obtenir un signal d'entrée au démodulateur égal à celui utilisé à l'étape b) du présent paragraphe.
- En utilisant le graticule comme référence, comme précédemment, déterminer le taux E pour chaque écho et noter celui de l'écho ayant la valeur la plus élevée.
- En utilisant la commande de déplacement horizontal de l'oscilloscope, déplacer lentement l'affichage vers la gauche et examiner chaque écho lointain. Il convient d'assigner ces

échos lointains à l'aide de la section parallèle du graticule à l'extrême droite. Noter le taux le plus élevé.

- f) Le taux E pour ce système est le plus élevé des deux chiffres notés aux étapes d) et e) du présent paragraphe.

NOTE Ce résultat n'est pas celui du système uniquement. Il est modifié par la distorsion inhérente de l'appareil d'essai, généralement due aux erreurs de temps de propagation de groupe.

4.8.5 Présentation des résultats

Le résultat de la mesure de l'écho doit être présenté comme taux d'écho, exprimé en pourcentage. La valeur en pourcentage est l'amplitude (positive ou négative) de l'écho le plus fort, comparée à l'amplitude crête de l'impulsion 2T.

4.9 Mesure de la variation du temps de propagation de groupe

Il est techniquement difficile de mesurer la variation du temps de propagation de groupe dans un réseau. Comme la variation du temps de propagation de groupe est provoquée par les filtres passe-bande de la voie de retour et d'autres composants du réseau, un moyen pratique d'analyse d'un réseau consiste à analyser ces composants. La CEI 60728-5 décrit la mesure de la variation du temps de propagation de groupe d'un composant individuel. L'effet combiné des composants est la somme de la variation du temps de propagation de groupe dans chaque composant.

NOTE 1 Les composants défectueux peuvent provoquer une variation du temps de propagation de groupe supplémentaire dans un réseau. De tels composants défectueux peuvent être trouvés en utilisant la mesure de réponse amplitude-fréquence.

NOTE 2 Si une mesure de la variation du temps de propagation de groupe dans un réseau est nécessaire, un signal à comportement de phase connu est envoyé sur le réseau. Une série d'impulsion (largeur d'impulsion de 15 ns pour une mesure jusqu'à 60 MHz) est un signal d'essai approprié. L'impulsion est reçue avec un oscilloscope et stockée dans une mémoire informatique. Pour déterminer la variation relative du temps de propagation de groupe, on calcule une transformée de Fourier rapide des impulsions émises et reçues.

4.10 Mesure de l'erreur de fréquence

4.10.1 Généralités

Si la fréquence du signal reçu est située en dehors de la plage d'acquisition du récepteur, le démodulateur ne peut pas se verrouiller sur le signal. Cette méthode de mesure peut fournir une indication de l'erreur de fréquence d'un oscillateur utilisé dans un matériel du réseau de distribution par câbles (par exemple dans un convertisseur de fréquence).

4.10.2 Matériel exigé

L'équipement suivant est exigé:

- a) émetteur MDP4;
- b) récepteur d'essai.

4.10.3 Raccordement du matériel

Le montage de mesure de la stabilité de fréquence est illustré à la Figure 6.

L'appareillage de mesure doit être branché en prenant soin de maintenir une adaptation correcte des impédances.

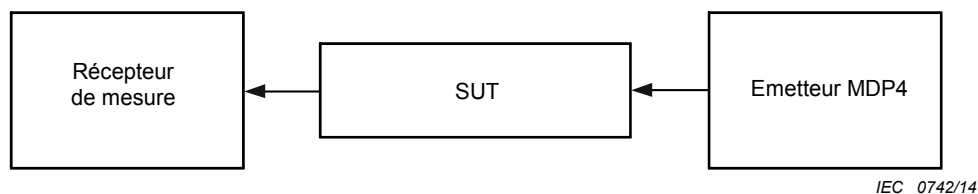


Figure 6 – Montage d'essai de la stabilité de fréquence

4.10.4 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes suivantes:

- moduler l'émetteur MDP4 par le signal à séquence binaire pseudo-aléatoire;
- régler la fréquence porteuse de l'émetteur MDP4 sur la fréquence du canal où la mesure doit être effectuée;
- régler le niveau de la porteuse de l'émetteur MDP4 pour obtenir le même niveau à la prise de sortie du système qu'en fonctionnement normal;
- accorder le récepteur d'essai sur le canal où la mesure doit être effectuée. Après synchronisation sur la fréquence porteuse, le récepteur d'essai affiche la fréquence porteuse régénérée;
- l'erreur de fréquence est la différence entre la fréquence porteuse d'origine du modulateur et la fréquence porteuse régénérée du démodulateur.

Remarques

- Si une conversion de fréquence entraîne un décalage de fréquence entre la fréquence nominale d'entrée et la fréquence nominale de sortie, la valeur nominale du décalage de fréquence doit être soustraite de la différence de fréquence mesurée.
- Afin de minimiser les erreurs lors de la mesure de fréquence, la mesure de l'erreur de fréquence peut être effectuée en mesurant la différence entre les fréquences régénérées à l'entrée et à la sortie du système.
- La méthode présentée ci-dessus permettant de mesurer l'erreur de fréquence peut aussi être utilisée pour les signaux modulés QAM, en remplaçant l'émetteur MDP4 par un émetteur QAM et en utilisant un récepteur d'essai capable de démoduler les signaux QAM.

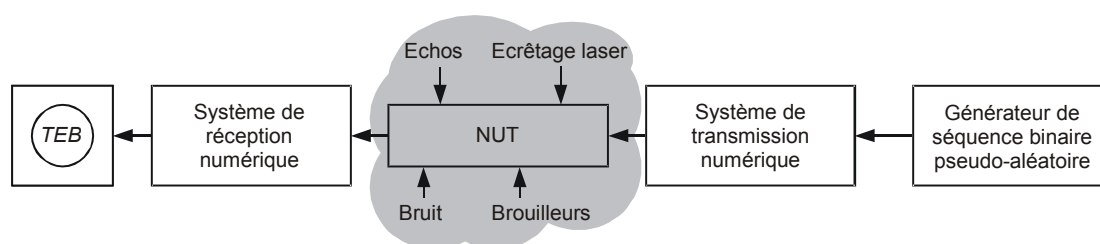
4.10.5 Présentation des résultats

L'erreur de fréquence mesurée est exprimée en kilohertz par rapport à la fréquence porteuse nominale.

4.11 Mesure du taux d'erreur sur les bits (TEB)

4.11.1 Généralités

Le TEB est le paramètre principal décrivant la qualité de la liaison de transmission numérique. Il est défini en tant que rapport entre le nombre de bits en erreur et le nombre total de bits transmis pendant un intervalle de temps déterminé.



IEC 0743/14

Figure 7 – Principe de mesure du TEB

Cette méthode de mesure s'applique à la mesure du TEB de signaux à modulation numérique au format MDP4 ou MAQ. L'appareillage de mesure se compose d'un générateur qui délivre une séquence binaire pseudo-aléatoire (voir l'Annexe C). Cette séquence binaire pseudo-aléatoire est injectée dans le système de transmission numérique en tant que flux de données, comme indiqué à la Figure 7. Les brouilleurs, les échos et le bruit de la liaison de transmission influencent le signal démodulé et décodé par un récepteur numérique.

Il convient que la séquence binaire pseudo-aléatoire soit aussi longue que possible afin de délivrer un spectre en grande partie continu pour tous les débits binaires utilisés. Pour les systèmes de transmission numérique, les séquences de longueur $2^{15}-1$ ou $2^{23}-1$ sont généralement utilisées. Le compteur du TEB doit être capable de se synchroniser sur la séquence binaire pseudo-aléatoire utilisée.

Aucune correction d'erreur ne doit être utilisée pour cette mesure.

Comme n'importe quel signal descendant ou montant peut brouiller le canal en essai, tous les canaux du système doivent être en fonctionnement normal, sauf le canal en essai.

Comme le brouillage dépend de plusieurs variables (par exemple: jours de la semaine, été-hiver, etc.) et comme le TEB dépend de ces variables, un essai de 24 h peut ne pas donner de résultats fiables. Il convient de répéter la mesure dans des conditions différentes.

NOTE Cette méthode de mesure s'applique également à d'autres types de modulations si des types appropriés de modulateurs et de démodulateurs sont utilisés.

4.11.2 Matériel exigé

L'équipement suivant est exigé:

- le générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire (voir Annexe C);
- le modulateur MDP4/QAM avec une interface d'entrée série pour le flux de données de la séquence binaire pseudo-aléatoire;
- le convertisseur de fréquence pour le signal RF;
- le syntoniseur de fréquence RF;
- le démodulateur MDP4/QAM avec un égaliseur spécifié et une interface de sortie série pour le flux de données de la séquence binaire pseudo-aléatoire;
- le compteur de TEB branché à l'interface de sortie série du démodulateur.

4.11.3 Raccordement du matériel

Le montage de mesure du TEB est illustré à la Figure 7. Le système de transmission numérique comporte le modulateur MDP4/QAM et le convertisseur de fréquence de signal RF correspondant. Le système de réception numérique est composé du syntoniseur de fréquence RF et du démodulateur MDP4/QAM.

L'appareillage de mesure doit être branché en prenant soin de maintenir une adaptation correcte des impédances.

4.11.4 Mode opératoire de mesure

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes suivantes:

- a) Brancher le générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire à l'interface d'entrée série du modulateur afin d'obtenir le format de modulation MDP4 ou QAM;
- b) Régler la fréquence porteuse du convertisseur de fréquence pour le signal RF du canal où la mesure doit être effectuée;
- c) Régler le niveau de la porteuse du convertisseur de fréquence pour le signal RF afin d'obtenir le même niveau de signal qu'en fonctionnement normal;
- d) Accorder le syntoniseur de fréquence du signal RF du système de réception numérique sur le canal où la mesure doit être effectuée;
- e) Mettre la modulation en service et mesurer le TEB par comptage d'erreurs sur une durée suffisamment longue (pour compter au moins 100 bits en erreur) et diviser le nombre de bits en erreur par le nombre total de bits transmis. Le résultat est le TEB;
- f) A cause des brouilleurs électromagnétiques, les mesures de TEB sont répétées toutes les 15 min sur une période de 24 h.

4.11.5 Présentation des résultats

Le TEB maximal mesuré est indiqué. Les types d'émetteur, de récepteur, de démodulateur et d'égaliseur adaptatif doivent être indiqués avec les résultats.

4.12 Mesure du rapport de puissance de bruit (*NPR*) sur la voie de retour

4.12.1 Généralités

L'essai du rapport de puissance de bruit (*NPR*) est un outil utile pour caractériser le comportement non-linéaire des composants et des sous-systèmes d'une voie de retour HFC. Le *rapport de puissance de bruit* est une mesure de la quantité de bruit et d'intermodulation dans la voie de retour des liaisons optiques entre les nœuds des fibres et le matériel en tête de réseau/de nœud concentrateur. Un signal d'essai constitué d'une bande plate de bruit gaussien limitée à la gamme de fréquences concernée et d'une bande étroite (canal) du bruit supprimé par un filtre coupe-bande ou réjecteur de bande, est injecté dans le système en essai (SUT). Le *rapport de puissance de bruit* est mesuré à la sortie du système en essai, le signal d'essai étant balayé sur un domaine de puissance.

Cet essai permet de définir la quantité totale de puissance RF pouvant être transférée de façon linéaire tout en maintenant des marges suffisantes de performance de bruit.

NOTE Cette méthode de mesure est similaire à celle décrite dans la CEI 60728-3, qui prend en compte le rapport de bruit d'intermodulation composite (CINR) et non le *rapport de puissance de bruit*.

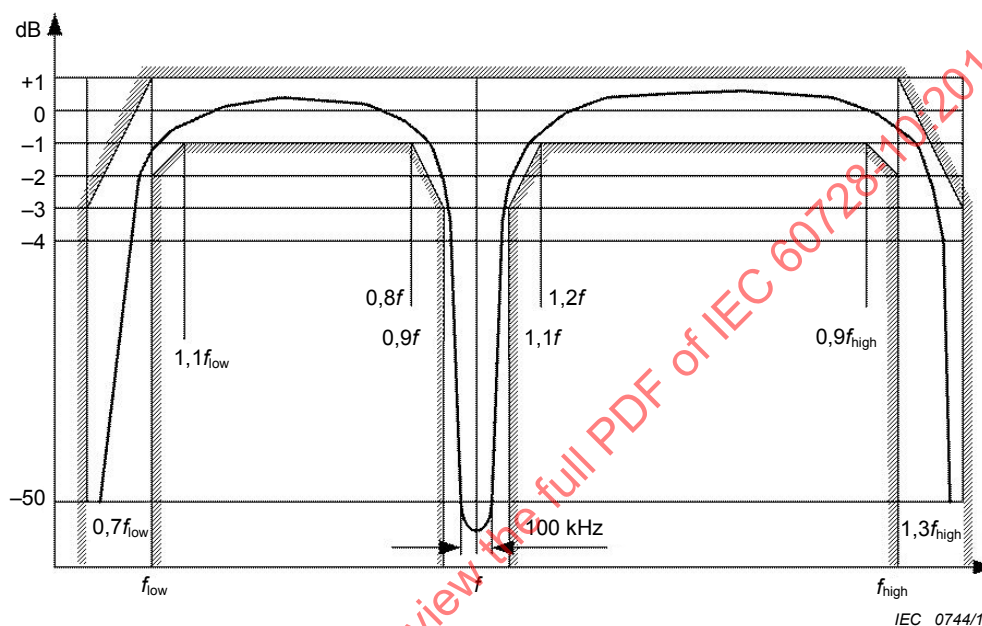
4.12.2 Matériel exigé

Le matériel exigé comprend les éléments suivants:

- a) un générateur de signal de bruit blanc gaussien qui couvre la bande de fréquences de la voie de retour;
- b) un filtre pour conformer le bruit comme indiqué à la Figure 8 pour les fréquences indiquées au Tableau 2.

Tableau 2 – Fréquences réjectées du filtre coupe-bande

Gamme de fréquences f_{low} à f_{high}	Fréquences réjectées f				
	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz
5 à 30	12	17,5	22	–	–
5 à 50	22	27,5	35	–	–
5 à 65	27,5	35	48	–	–
5 à 85	27,5	35	48	66	–

**Figure 8 – Réponse des filtres passe-bande et coupe-bande**

Une section du filtre (section passe-bande) doit limiter la largeur de bande de bruit à la largeur de bande de la voie de retour. La seconde section du filtre (section coupe-bande) doit ajouter une réjection au spectre de bruit. La bande réjectée doit se trouver au milieu du spectre;

- c) un atténuateur variable de 75Ω , réglable par paliers de 1 dB;
- d) un filtre passe-bande (facultatif) pour éviter la surcharge de l'analyseur de spectre;
- e) un analyseur de spectre disposant d'un affichage étalonné des signaux dans la largeur de bande de la voie de retour.

4.12.3 Raccordement du matériel

Brancher l'appareillage de mesure comme illustré à la Figure 9. Le signal d'entrée est appliqué au point de référence d'entrée de la voie de retour (nœud de fibre) du système en essai (SUT) et le signal de sortie est mesuré au point de référence de sortie (tête de réseau/nœud concentrateur), à l'aide d'un câble et de connecteurs adaptés, en prenant soin de maintenir une adaptation correcte des impédances.

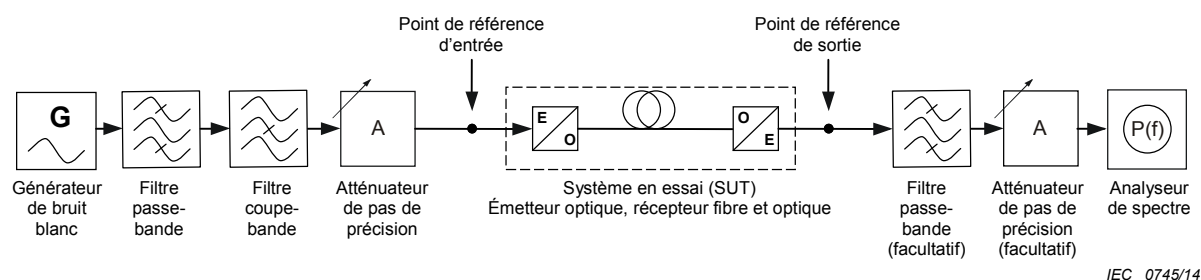


Figure 9 – Montage d'essai du rapport de puissance de bruit (*NPR*)

4.12.4 Mode opératoire de mesure

Le rapport de puissance de bruit est défini comme suit:

$$NPR = P - N$$

où

NPR est le rapport de puissance de bruit, en dB;

P est le niveau de bruit en dB(mW) ou en dB(mW/Hz) au niveau le plus élevé de la réponse affichée;

N est le niveau de bruit en dB(mW) ou en dB(mW/Hz) à la fréquence de la bande réjectée.

Le mode opératoire de mesure comprend les étapes suivantes:

- Augmenter le niveau d'excitation du signal appliqué au système en essai (SUT) par pas de 1 dB.
- Observer sur l'analyseur de spectre le bruit de fond du système et mesurer la différence relative au niveau le plus élevé du signal de bruit (différence entre le niveau le plus élevé et le niveau de bruit dans la réjection) et calculer le rapport de puissance de bruit *NPR*.
- Tracer un graphique du rapport de puissance de bruit *NPR* au niveau du signal d'entrée du système en essai.

Lorsque le niveau de puissance RF du signal d'entrée de bruit appliqué au système en essai approche la limite supérieure de sa fenêtre de transfert, des distorsions non-linéaires apparaissent et le bruit d'intermodulation composite (*CIN*) devient la composante dominante du bruit de fond du système et son niveau augmente fortement.

Un exemple de tracé du *rapport de puissance de bruit* en fonction de la puissance d'entrée de l'émetteur optique est montré à la Figure 10. Dans cet exemple, le rapport de puissance de bruit de la liaison de voie de retour croît en augmentant la densité de puissance RF appliquée à l'émetteur optique (comportement linéaire) jusqu'à un point maximal auquel on obtient une diminution rapide (comportement non-linéaire).

Ce point est la profondeur de modulation optique maximale à appliquer à l'émetteur optique et il est généralement désigné *OMI* 100 % (). Lorsque la puissance RF dépasse l'*OMI* 100 %, il peut y avoir écrêtage laser, ce qui provoque une perte de signal.

Les deux pentes peuvent définir un point à marquer comme la densité de puissance RF (*P_i*) à l'entrée de l'émetteur optique qui correspond à l'*OMI* de 100 %.

Si la puissance totale effective (*P_T*) appliquée à l'émetteur optique doit être calculée, la formule suivante est utilisée:

$$P_T = P_i + 10 \lg (BW)$$

où

P_T est la puissance totale (dB(mW)) appliquée à l'émetteur optique;

P_i est la densité de puissance (dB(mW/Hz)) appliquée à l'émetteur optique;

BW est la largeur de bande de voie de retour en Hz.

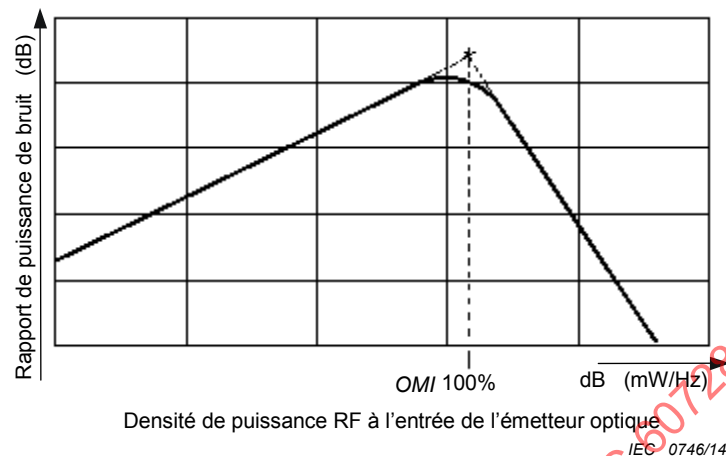


Figure 10 – Rapport de puissance de bruit en fonction de la densité de puissance RF appliquée à l'entrée de l'émetteur optique et détermination de l'OMI 100 %

Pour éviter la surcharge de l'analyseur de spectre, un filtre passe-bande peut être inséré en amont. Un exemple de réponse amplitude-fréquence d'un tel filtre est indiqué à la Figure 11.

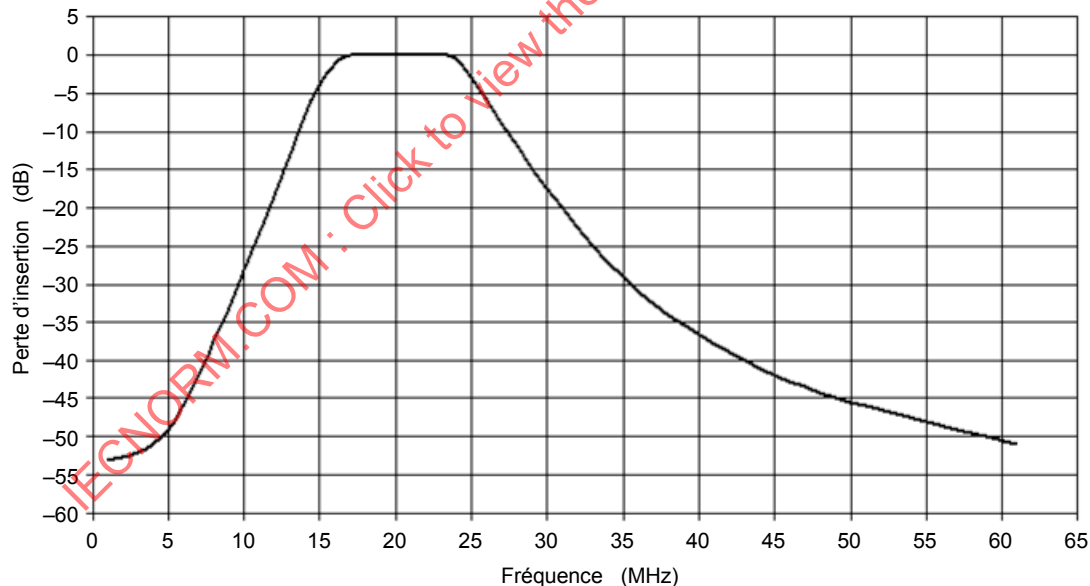


Figure 11 – Exemple de réponse amplitude-fréquence du filtre passe-bande facultatif

4.12.5 Présentation des résultats

Le rapport de puissance de bruit (NPR) mesuré doit être exprimé en décibel (dB) et tracé en fonction de la puissance d'entrée du bruit appliquée à l'émetteur optique. L'intersection des deux pentes définit la puissance d'entrée pour l'émetteur optique. Cette valeur est prise comme OMI 100 % (indice de modulation optique).

4.12.6 Facteurs de correction recommandés

4.12.6.1 Facteurs de correction du bruit au cours des mesures du signal et du niveau de bruit

Les facteurs de correction du bruit au cours des mesures du signal et du niveau de bruit sont indiqués à l'Annexe A.

4.12.6.2 Facteur de correction d'un analyseur de spectre

Le facteur de correction d'un analyseur de spectre typique est indiqué à l'Annexe B.

4.12.7 Précautions pendant la mesure

Certaines précautions doivent aussi être prises en compte lorsqu'un analyseur de spectre est utilisé pour mesurer le signal de bruit.

- Concernant l'affichage du mode de détection du spectre, il y a généralement trois modes de détection: la "détection de crête", la "détection de crête négative" et la "détection d'échantillon". Pour la mesure du bruit, le mode "*détection d'échantillon*" doit être utilisé car c'est le seul qui permet d'indiquer précisément la nature aléatoire du bruit.
- Etant donnée la nature aléatoire du bruit, la trace affichée est aussi modifiée à chaque balayage. Une bonne moyenne est donc nécessaire pour réduire la variation d'amplitude du bruit et pour obtenir le niveau de bruit moyen (le facteur de correction (voir Annexe B) de +2,5 dB n'est utile que si le spectre réalise un bon calcul de moyenne). Cette moyenne peut être réalisée en réduisant le filtre VBW ou en utilisant la fonction "*moyenne*" du spectre.
- Dans la mesure où le *rapport de puissance de bruit* est une mesure des distorsions, le mélangeur d'entrée de spectre doit fonctionner sans ajouter de nouvelles distorsions. Une limite supérieure de puissance au mélangeur d'entrée doit être fixée afin d'assurer une protection contre les distorsions venant du mélangeur. Le niveau de puissance maximale à l'entrée du mélangeur est d'environ -10 dB(mW). Pour s'assurer que ces mesures ne sont pas affectées par des distorsions du mélangeur, une modification de la valeur d'atténuation d'entrée du spectre ne doit pas induire de modification du niveau de bruit affiché.
- La source de bruit doit être conforme aux spécifications suivantes. Sa largeur de bande doit couvrir la largeur de bande du système en essai (5 MHz à 65 MHz pour les dispositifs de voie de retour). Sa platitude doit être inférieure à ± 1 dB et son inclinaison inférieure à 1 dB sur toute la largeur de bande. En ce qui concerne le niveau de source de bruit, 0 dB(mW) est nécessaire en puissance totale. Un niveau de bruit de densité d'au moins -80 dB(mW/Hz) est donc exigé. Enfin, la fonction de densité de probabilité de la source de bruit doit être entièrement gaussienne. Si la source de bruit est réalisée en montant en cascade plusieurs amplificateurs, la saturation du signal n'est donc pas permise dans la cascade car cela provoque un écrêtage et réduit donc le rapport puissance crête à puissance moyenne du signal de bruit.
- La réjection doit être conforme aux spécifications suivantes. Sa largeur de bande passe-bande doit être supérieure à la largeur de bande de source de bruit pour éviter tout filtrage. Son ondulation passe-bande doit être relativement faible pour conserver une platitude de signal de bruit inférieure à ± 1 dB à la sortie du filtre réjecteur de bande. De plus, la valeur maximale du *rapport de puissance de bruit* est donnée par la profondeur maximale de la réjection. La réjection minimale doit donc être supérieure à la valeur minimale du *rapport de puissance de bruit* à mesurer.
- Si un amplificateur doit obtenir un niveau de signal suffisant, il convient de placer l'amplificateur entre les filtres passe-bande et les réjecteurs de bande. Il convient de n'utiliser aucun amplificateur après le filtre réjecteur de bande, car sa distorsion réduit la profondeur de la réjection. Il convient que l'amplificateur ait une capacité suffisante pour produire le niveau exigé sans compression.