

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60728-3

Edition 4.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 33.060.40; 33.170

ISBN 978-2-88912-576-0

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, symbols and abbreviations.....	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Symbols	15
3.3 Abbreviations	16
4 Methods of measurement	17
4.1 General.....	17
4.2 Linear distortion	18
4.2.1 Return loss	18
4.2.2 Flatness	19
4.2.3 Chrominance/luminance delay inequality for PAL/SECAM only	19
4.3 Non-linear distortion.....	20
4.3.1 General	20
4.3.2 Types of measurements	20
4.3.3 Intermodulation.....	20
4.3.4 Composite triple beat.....	22
4.3.5 Composite second order beat	25
4.3.6 Composite crossmodulation.....	26
4.3.7 Method of measurement of non-linearity for pure digital channel load	29
4.3.8 Hum modulation of carrier	29
4.4 Automatic gain and slope control step response	33
4.4.1 Definitions	33
4.4.2 Equipment required	33
4.4.3 Connection of equipment.....	34
4.4.4 Measurement procedure	34
4.5 Noise figure.....	35
4.5.1 General	35
4.5.2 Equipment required	35
4.5.3 Connection of equipment.....	35
4.5.4 Measurement procedure	35
4.6 Crosstalk attenuation.....	36
4.6.1 Crosstalk attenuation for loop through ports	36
4.6.2 Crosstalk attenuation for output ports	36
4.7 Signal level for digitally modulated signals	38
4.8 Measurement of composite intermodulation noise ratio (<i>CINR</i>)	38
4.8.1 General	38
4.8.2 Equipment required	38
4.8.3 Connection of equipment.....	39
4.8.4 Measurement procedure	40
4.8.5 Presentation of the results.....	40
4.9 Immunity to surge voltages.....	41
4.9.1 General	41
4.9.2 Equipment required	42

	4.9.3	Connection of equipment	42
	4.9.4	Measurement procedure	42
5		Equipment requirements	42
	5.1	General requirements	42
	5.2	Safety	43
	5.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	43
	5.4	Frequency range	43
	5.5	Impedance and return loss	43
	5.6	Gain	44
	5.6.1	Minimum and maximum gain	44
	5.6.2	Gain control.....	44
	5.6.3	Slope and slope control	44
	5.7	Flatness	44
	5.8	Test points	45
	5.9	Group delay	45
	5.9.1	Chrominance/luminance delay inequality	45
	5.9.2	Chrominance/luminance delay inequality for other television standards and modulation systems	45
	5.10	Noise figure.....	45
	5.11	Non-linear distortion	45
	5.11.1	General	45
	5.11.2	Second order distortion	45
	5.11.3	Third order distortion	45
	5.11.4	Composite triple beat.....	46
	5.11.5	Composite second order	46
	5.11.6	Composite crossmodulation	46
	5.11.7	Maximum operating level for pure digital channel load	46
	5.12	Automatic gain and slope control.....	46
	5.13	Hum modulation	46
	5.14	Power supply.....	46
	5.15	Environmental	47
	5.15.1	General	47
	5.15.2	Storage (simulated effects of).....	47
	5.15.3	Transportation	47
	5.15.4	Installation or maintenance.....	47
	5.15.5	Operation	47
	5.15.6	Energy efficiency of equipment.....	47
	5.16	Marking	47
	5.16.1	Marking of equipment	47
	5.16.2	Marking of ports	47
	5.17	Mean operating time between failure (MTBF)	48
	5.18	Requirements for multi-switches.....	48
	5.18.1	Control signals for multi-switches	48
	5.18.2	Amplitude frequency response flatness.....	48
	5.18.3	Return loss	48
	5.18.4	Through loss	48
	5.18.5	Isolation	48
	5.18.6	Crosstalk attenuation.....	48
	5.18.7	Satellite IF to terrestrial signal isolation	48

5.19 Immunity to surge voltages.....	49
5.19.1 Degrees of testing levels	49
5.19.2 Recommendation of testing level degree	49
Annex A (informative) Derivation of non-linear distortion.....	50
Annex B (normative) Test carriers, levels and intermodulation products.....	52
Annex C (normative) Checks on test equipment.....	54
Annex D (informative) Test frequency plan for composite triple beat (CTB), composite second order (CSO) and crossmodulation (XM) measurement	55
Annex E (informative) Measurement errors which occur due to mismatched equipment	56
Annex F (informative) Examples of signals, methods of measurement and network design for return paths.....	57
Bibliography.....	64
Figure 1 – Maximum error α for measurement of return loss using VSWR-bridge with directivity $D = 46$ dB and 26 dB test port return loss.....	18
Figure 2 – Measurement of return loss.....	19
Figure 3 – Basic arrangement of test equipment for evaluation of the ratio of signal to intermodulation product	21
Figure 4 – Connection of test equipment for the measurement of non-linear distortion by composite beat.....	24
Figure 5 – Connection of test equipment for the measurement of composite crossmodulation.....	28
Figure 6 – Carrier/hum ratio.....	30
Figure 7 – Test set-up for local-powered objects.....	31
Figure 8 – Test set-up for remote-powered objects	31
Figure 9 – Oscilloscope display	32
Figure 10 – Time constant T_C	33
Figure 11 – Measurement of AGC step response	34
Figure 12 – Measurement of noise figure	35
Figure 13 – Measurement of crosstalk attenuation for loop trough ports of multi-switches	37
Figure 14 – Characteristic of the noise filter.....	39
Figure 15 – Test setup for the non-linearity measurement.....	39
Figure 16 – Presentation of the result of $CINR$	41
Figure 17 – Measurement set-up for surge immunity test.....	42
Figure B.1 – An example showing products formed when $2f_a > f_b$	52
Figure B.2 – An example showing products formed when $2f_a < f_b$	53
Figure B.3 – Products of the form $f_a \pm f_b \pm f_c$	53
Figure E.1 – Error concerning return loss measurement.....	56
Figure E.2 – Maximum ripple	56
Figure F.1 – Spectrum of a QPSK-modulated signal	57
Figure F.2 – Measurement of non-linearity using wideband noise	59
Figure F.3 – Network used in the design example	60
Figure F.4 – A test result measured from a real 20 dB return amplifier	61
Figure F.5 – The $CINR$ curve of one amplifier is modified to represent the $CINR$ of the whole coaxial section of the network.....	62

Figure F.6 – The <i>CINR</i> of an optical link as a function of <i>OMI</i> , example.....	63
Table 1 – Correction factors where the modulation used is other than 100 %.....	26
Table 2 – Notch filter frequencies	39
Table 3 – Return loss requirements for all equipment	44
Table 4 – Parameters of surge voltages for different degrees of testing levels	49
Table 5 – Recommendations for degree of testing levels	49
Table D.1 – Frequency allocation plan	55
Table F.1 – Application of methods of measurement in IEC 60728-3 for return path equipment.....	58
Table F.2 – Application of methods of measurement in IEC 60728-6 for return path equipment.....	58

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE NETWORKS FOR TELEVISION SIGNALS,
SOUND SIGNALS AND INTERACTIVE SERVICES –****Part 3: Active wideband equipment for cable networks**

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 60728-3 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 fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2005 of which it constitutes a technical revision.

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

- extension of upper frequency range limit for cable network equipment from 862 MHz to 1 000 MHz;
- method of measurement and requirements for immunity to surge voltages;
- extension of scope to equipment using symmetrical ports;
- additional normative references;

- additional terms and definitions and abbreviations.

This bilingual version, published in 2011-07, corresponds to the English version.

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

FDIS	Report on voting
100/1746/FDIS	100/1766/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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.

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

INTRODUCTION

Standards of the IEC 60728 series deal with cable networks including equipment and associated methods of measurement for headend reception, processing and distribution of television signals, sound signals and their associated data signals and for processing, interfacing and transmitting all kinds of signals for interactive services using all applicable transmission media.

This includes

- CATV¹-networks;
- MATV-networks and SMATV-networks;
- individual receiving networks;

and all kinds of equipment, systems and installations installed in such networks.

For active equipment with balanced RF signal ports this standard applies to those ports which carry RF broadband signals for services as described in the scope of this standard.

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.

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.

¹ This word encompasses the HFC (Hybrid Fibre Cable) networks used nowadays to provide telecommunications services, voice, data, audio and video both broadcast and narrowcast.

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

Part 3: Active wideband equipment for cable networks

1 Scope

This part of IEC 60728 lays down the measuring methods, performance requirements and data publication requirements for active wideband equipment of cable networks for television signals, sound signals and interactive services.

This standard

- applies to all broadband amplifiers used in cable networks;
- covers the frequency range 5 MHz to 3 000 MHz;

NOTE The upper limit of 3 000 MHz is an example, but not a strict value. The frequency range, or ranges, over which the equipment is specified, should be published.

- applies to one-way and two-way equipment;
- lays down the basic methods of measurement of the operational characteristics of the active equipment in order to assess the performance of this equipment;
- identifies the performance specifications to be published by the manufacturers;
- states the minimum performance requirements of certain parameters.

Amplifiers are divided into the following two quality levels:

Grade 1: amplifiers typically intended to be cascaded;

Grade 2: amplifiers for use typically within an apartment block, or within a single residence, to feed a few outlets.

Practical experience has shown that these types meet most of the technical requirements necessary for supplying a minimum signal quality to the subscribers. This classification is not a requirement but is provided to users and manufacturers for information about minimum quality criteria of the material required to install networks of different sizes. The system operator has to select appropriate material to meet the minimum signal quality at the subscriber's outlet, and to optimise cost/performance, taking into account the size of the network and local circumstances.

All requirements and published data are understood as guaranteed values within the specified frequency range and in well-matched conditions.

2 Normative references

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

IEC 60065, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*

IEC 60068-1:1998, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Tests A: Cold*

- IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*
- IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*
- IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*
- IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*
- IEC 60068-2-29, *Basic environmental testing procedures – Part 2-29: Tests – Test Eb and guidance: Bump*
- IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test dB: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*
- IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*
- IEC 60068-2-32, *Basic environmental testing procedures – Part 2-32: Tests – Test Ed: Free fall*
- IEC 60068-2-40, *Basic environmental testing procedures – Part 2-40: Tests – Test Z/AM: Combined cold/low air pressure tests*
- IEC 60068-2-48, *Basic environmental testing procedures – Part 2-48: Tests – Guidance on the application of the tests of IEC publication 60068 to simulate the effects of storage*
- IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
- 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 60728-4, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 4: Passive wideband equipment for coaxial cable networks*
- IEC 60728-5, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 5: Headend equipment*
- IEC 60728-11, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 11: Safety*
- IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*
- IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*
- IEC 61319-1, *Interconnections of satellite receiving equipment – Part 1: Europe*
- IEC 61319-2, *Interconnections of satellite receiving equipment – Part 2: Japan*
- ITU-T Recommendation G.117, *Transmission systems and media – Digital systems and networks – International telephone connections and circuits – General recommendations on the transmission quality for an entire international telephone connection – Transmission aspects of unbalance about earth*
- ITU-T Recommendation O.9, *Specifications of measuring equipment – General – Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

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

3.1 Terms and definitions

3.1.1

amplitude frequency response

gain or loss of an equipment or system plotted against frequency

3.1.2

attenuation

ratio of the input power to the output power of an equipment or system, usually expressed in decibels

3.1.3

balun

device to match symmetrical impedance $100\ \Omega$ (balanced) to un-symmetrical impedance $75\ \Omega$ (unbalanced) and vice-versa

3.1.4

carrier-to-noise ratio

difference in decibels between the vision or sound carrier level at a given point in an equipment or system and the noise level at that point (measured within a bandwidth appropriate to the television or radio system in use)

3.1.5

chrominance-luminance delay inequality

difference in transmission delay of chrominance and luminance signals, which results in the spilling of colour to left or right of the area of corresponding luminance

[IEC 60050-723:1997, 723-06-61]

3.1.6

composite intermodulation noise

CIN

sum of noise and intermodulation products from digital modulated signals

3.1.7

composite intermodulation noise ratio

CINR

ratio of the signal level and the CIN level

3.1.8

crossmodulation

undesired modulation of the carrier of a desired signal by the modulation of another signal as a result of equipment or system non-linearities

3.1.9

crosstalk attenuation

unwanted signals beside the wanted signal on a lead caused by electromagnetic coupling between leads; ratio of the wanted signal power to the unwanted signal power, while equal signal powers are applied to the leads

NOTE Crosstalk attenuation is usually expressed in decibels.

3.1.10**decibel ratio**

ten times the logarithm of the ratio of two quantities of power P_1 and P_2 , i.e.

$$10 \lg \frac{P_1}{P_2} \quad \text{in dB}$$

3.1.11**equaliser**

device designed to compensate over a certain frequency range for the amplitude/frequency distortion or phase/frequency distortion introduced by feeders or equipment

NOTE This device is for the compensation of linear distortions only.

3.1.12**feeder**

transmission path forming part of a cable network

NOTE Such a path may consist of a metallic cable, optical fibre, waveguide or any combination of them. By extension, the term is also applied to paths containing one or more radio links.

3.1.13**gain**

ratio of the output power to the input power, usually expressed in decibels

3.1.14**ideal thermal noise**

noise generated in a resistive component due to the thermal agitation of electrons

NOTE The thermal power generated is given by

$$P = 4 \cdot B \cdot k \cdot T$$

where

P is the noise power in watts;

B is the bandwidth in hertz;

k is the Boltzmann's constant = $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K;

T is the absolute temperature in kelvins.

It follows that

$$\frac{U^2}{R} = 4 \cdot B \cdot k \cdot T$$

and

$$U = \sqrt{4 \cdot R \cdot B \cdot k \cdot T}$$

where

U is the noise voltage (e.m.f.);

R is the resistance in ohms.

In practice, it is normal for the source to be terminated with a load equal to the internal resistance value, the noise voltage at the input is then $U/2$.

3.1.15**level**

decibel ratio of any power P_1 to the standard reference power P_0 , i.e.

$$10 \lg \frac{P_1}{P_0}$$

decibel ratio of any voltage U_1 to the standard reference voltage U_0 , i.e.

$$20 \lg \frac{U_1}{U_0}$$

NOTE The power level may be expressed in decibels relative to $P_0 = (U_0^2/R) = (1/75) \text{ pW}$, i.e. in $\text{dB}(P_0)$, taking into account that the level of P_0 corresponds to 0 $\text{dB}(P_0)$ or, as more usually, in $\text{dB}(\text{pW})$, taking into account that the level of P_0 corresponds to $-18,75 \text{ dB}(\text{pW})$. The voltage level is expressed in decibels relative to 1 μV (across 75 Ω), i.e. in $\text{dB}(\mu\text{V})$.

3.1.16

modulation error ratio

MER

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

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

3.1.17

multi-switch

equipment used in distribution systems for signals that are received from satellites and converted to a suitable IF

NOTE The IF signals that are received from different polarisations, frequency bands and orbital positions are input signals to the multi-switch. Subscriber feeders are connected to the multi-switch output ports. Each output port is switched to one of the input ports, depending on control signals that are transmitted from the subscriber equipment to the multi-switch. Besides a splitter for each input port and a switch for each output port, a multi-switch can contain amplifiers to compensate for distribution or cable losses.

3.1.18

multi-switch loop through port

one or more ports to loop through the input signals through a multi-switch

NOTE This enables larger networks with multiple multi-switches, each one installed close to a group of subscribers. The multi-switches are connected in a loop through manner. The IF signals that are received by an outdoor unit from different polarisations, frequency bands and orbital positions are input signals to a first multi-switch. Cables connect the loop through ports of this multi-switch to the input ports of a second multi-switch and so on.

3.1.19

multi-switch port for terrestrial signals

port in a multi-switch used to distribute terrestrial signals in addition to the signals received from satellites

3.1.20

noise factor/noise figure

used as figures of merit describing the internally generated noise of an active device

NOTE The noise factor, F , is the ratio of the carrier-to-noise ratio at the input, to the carrier-to-noise ratio at the output of an active device.

$$F = \frac{C_1/N_1}{C_2/N_2}$$

where

- C_1 is the signal power at the input;
- C_2 is the signal power at the output;
- N_1 is the noise power at the input (ideal thermal noise);
- N_2 is the noise power at the output.

In other words, the noise factor is the ratio of noise power at the output of an active device to the noise power at the same point if the device had been ideal and added no noise.

$$F = \frac{N_{2\text{actual}}}{N_{2\text{ideal}}}$$

The noise factor is dimensionless and is often expressed as noise figure, NF , in dB

$$NF = 10 \lg F \quad \text{in dB}$$

3.1.21

slope

difference in gain or attenuation at two specified frequencies between any two points in an equipment or system

NOTE The slope sign is considered

- a) negative when the attenuation increases with frequency (cables) or the gain (amplifiers) decreases with frequency,
- b) positive when the gain (amplifiers) increases with frequency (compensating slope).

3.1.22

standard reference power and voltage

in cable networks, the standard reference power, P_0 , is (1/75) pW

NOTE 1 This is the power dissipated in a 75 Ω resistor with an RMS voltage drop of 1 μV across it.

NOTE 2 The standard reference voltage, U_0 , is 1 μV .

3.1.23

surge voltage

produced by a direct or indirect lightning stroke

3.1.24

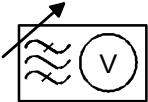
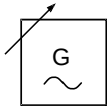
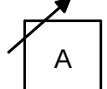
well-matched

matching condition when the return loss of the equipment complies with the requirements of Table 3

NOTE Through mismatching of measurement instruments and the measurement object, measurement errors are possible. Comments to the estimation of such errors are given in Annex E.

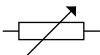
3.2 Symbols

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

Symbols	Terms	Symbols	Terms
	Amperemeter based on [IEC 60617-S00910 (2001-07)]		Voltmeter based on [IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Selective voltmeter		Power meter based on [IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Equipment Under Test based on [IEC 60617-S00059 (2001-07)]		Signal generator based on [IEC 60617-S00899, IEC 60617-S01403 (2001-07)]
	Noise generator [IEC 60617-S01230 (2001-07)]		Variable signal genera- tor based on [IEC 60617-S00081, IEC 60617-S00899, IEC 60617-S01403 (2001-09)]
	Surge generator [IEC 60617-S01228 (2001-07)]		VSWR-bridge
	High-pass filter [IEC 60617-S01247 (2001-07)]		Low-pass filter [IEC 60617-S01248 (2001-07)]
	Band-stop filter [IEC 60617-S01250 (2001-07)]		Band-pass filter [IEC 60617-S01249 (2001-07)]
	Oscilloscope based on [IEC 60617-S00059, and IEC 60617-S00922 (2001-07)]		Spectrum analyzer (electrical) based on [IEC 60617-S00910 (2001-07)]
	Attenuator based on [IEC 60617-S01244 (2001-07)]		Variable attenuator [IEC 60617-S01245 (2001-07)]
	Combiner based on [IEC 60617-S00059 (2001-07)]		Tap-off-box
	Double tap-off-box		Optical receiver [IEC 60617-S00213 (2001-07)]

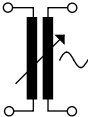
Symbols

Terms

	Amplifier with return path amplifier [IEC 60617-S00433 (2001-07)]
	Functional equipotential bonding [IEC 60617-S01410 (2001-11)]
	Variable resistor [IEC 60617-S00557 (2001-07)]
	RF choke [IEC 60617-S00583 (2001-07)]

Symbols

Terms

	Detector with LF-amplifier
	Adjustable AC voltage source
	Capacitor [IEC 60617-S00567 (2001-07)]

3.3 Abbreviations

AC	alternating current
AF	audio frequency
AGC	automatic gain control
AM	amplitude modulation
BER	bit error ratio
CATV	community antenna television (system)
CIN	composite intermodulation noise
CINR	composite intermodulation noise ratio
CSO	composite second order
CTB	composite triple beat
CW	continuous wave
CXM	composite crossmodulation
DC	direct current
EMC	electromagnetic compatibility
EUT	equipment under test
HP	high pass
IF	intermediate frequency
IP	international protection
LF	low frequency
LP	low pass
MATV	master antenna television (system)
MER	modulation error ratio
MTBF	meantime between failure
OMI	optimum modulation index
PAL	phase alternating line
PID	packet identifier
PRBS	pseudo-random bit sequence

QAM	quadrature amplitude modulation
QPSK	quadrature phase shift keying
RF	radio frequency
RMS	root mean square
RS	rotary switch
SECAM	sequential colour with memory (séquentiel couleur à mémoire)
SG	signal generator
SMATV	satellite master antenna television (system)
TV	television
UHF	ultra-high frequency
VHF	very-high frequency
VSWR	voltage standing wave ratio
XM	crossmodulation

4 Methods of measurement

4.1 General

This clause defines basic methods of measurement. Any equivalent method that ensures the same accuracy may be used for assessing performance.

Unless stated otherwise, all measurements shall be carried out with 0 dB plug-in attenuators and equalisers. The position of variable controls used during the measurements shall be published.

The test set-up shall be well-matched over the specified frequency band.

A network can be used to distribute terrestrial signals in addition to the signals received from satellites. The terrestrial antennas are connected to an optional terrestrial input port of a multi-switch. On each output port the terrestrial signals are available in addition to the satellite IF signals. Since the usual frequency ranges for terrestrial signals and satellite IF signals do not overlap, both can be carried on the same cable.

For large networks with loop through connected multi-switches, two possibilities exist to carry the terrestrial signals from one multi-switch to another multi-switch:

- to use a specialised cable for the terrestrial signal, in addition with the cables used for the satellite IF signals and then, on each output port the terrestrial signal is combined with the selected satellite IF signal;
- to combine the terrestrial signal with each satellite IF signal before the first multi-switch in order to minimise the number of cables between multi-switches.

NOTE The signal coming from an outdoor unit for satellite reception may contain unwanted signal-components with frequencies below the foreseen satellite IF frequency range. These signal-components overlap with the frequency range of terrestrial signals. For example, an outdoor unit that converts the frequency band 11,7 GHz to 12,75 GHz to the satellite IF frequency range may convert signals in the 10,7 GHz to 11,7 GHz band to frequencies below the satellite IF frequency range. These frequencies have to be filtered out sufficiently to avoid interference with terrestrial signals on the same cable.

For measurements on multi-switches, it is necessary that control signals be fed to the output ports that are involved in the measurement. Therefore, a bias-tee has to be connected between the multi-switch output port and the measurement set. The DC port of the bias-tee is connected to a standard receiver that generates the required control signals. Care has to be taken that the influence of the bias-tee on the measurement result is insignificant. This can be

achieved by including it into the calibration or using a network analyzer with a built in bias-tee.

Measurements on active equipment with symmetrical ports shall be performed using a measurement balun. The symmetry (common mode suppression) of the output signal of such a measurement balun shall be >30 dB for 100 MHz to 1 000 MHz and >50 dB for 30 MHz to 100 MHz. The common mode suppression shall be measured according to ITU-T Rec. G.117 and ITU-T Rec. O.9. The return loss of the measurement balun shall be 10 dB higher than the return loss of the EUT to which the coaxial measurement equipment is connected via the measurement balun.

4.2 Linear distortion

4.2.1 Return loss

4.2.1.1 General

The method described is applicable to the measurement of the return loss of equipment operating in the frequency range 5 MHz to 3 000 MHz.

All input and output ports of the unit shall meet the specification under all conditions of automatic and manual gain controls and with any combination of plug-in equalisers and attenuators fitted.

4.2.1.2 Equipment required

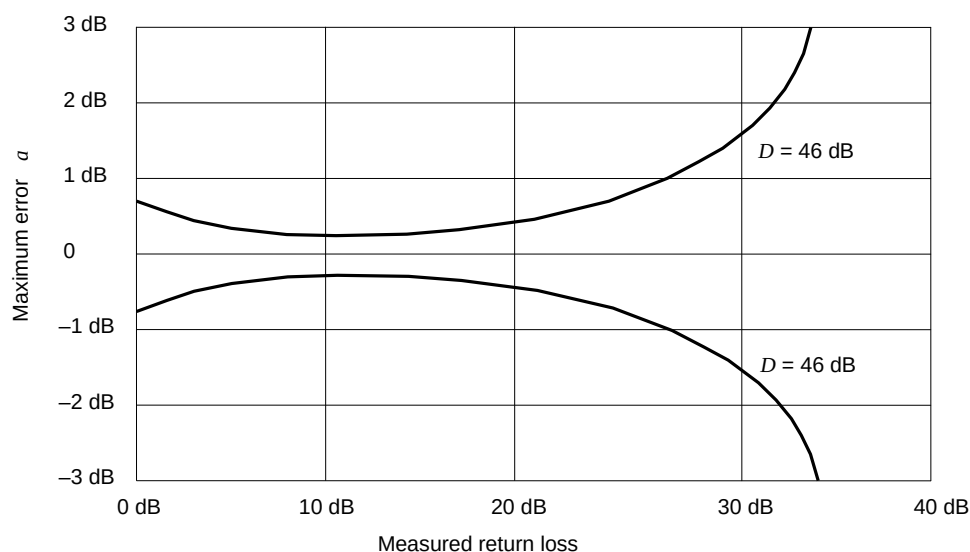
The following equipment is required.

- A signal generator or sweep generator, adjustable over the frequency range of the equipment to be tested.

Care shall be taken to ensure that the signal generator or sweep generator output does not have a high harmonic content as this can cause serious inaccuracy.

- A voltage standing wave ratio bridge with built-in or separate RF detector.

The accuracy of measurement is dependent on the quality of the bridge. In particular on the directivity and on the return loss of the test port of the bridge. For example Figure 1 shows the maximum accuracy achieved by a bridge with 46 dB directivity and 26 dB return loss.



IEC 2501/10

Figure 1 – Maximum error α for measurement of return loss using VSWR-bridge with directivity $D = 46$ dB and 26 dB test port return loss

- c) An oscilloscope.
- d) Calibrated mismatches.

NOTE The signal generator and the oscilloscope can be replaced by a spectrum analyzer and a tracking generator or by a network analyzer connected directly to the EUT.

4.2.1.3 Connection of equipment

The equipment shall be connected as in Figure 2.

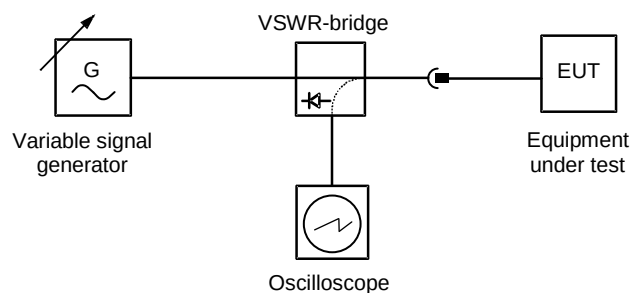


Figure 2 – Measurement of return loss

4.2.1.4 Measurement procedure

All coaxial input and output ports, other than those under test, shall be terminated in $75\ \Omega$.

Ensure that there is no supply voltage on the port being measured as this could damage the bridge. If it is necessary to use a voltage blocking device, use one with a good return loss (10 dB above requirement).

Only good quality calibrated connectors, adaptors and cables shall be used.

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) connect the equipment as shown in Figure 2;
- b) set the signal generator output level so that the equipment under test is not overloaded;
- c) use calibrated mismatches to calibrate the display on the oscilloscope;
- d) connect the equipment under test as shown in Figure 2 and check the return loss over the specified frequency range.

4.2.2 Flatness

Methods of measurement are well-known and a full description of the procedure is not necessary.

Measurement is commonly made with a $75\ \Omega$ scalar or vector network analyzer. Care shall be taken that all equipment used (connectors, adaptors, cable, etc.) are well-matched.

4.2.3 Chrominance/luminance delay inequality for PAL/SECAM only

The well-known 20T pulse method of measurement is used as described in IEC 60728-5.

4.3 Non-linear distortion

4.3.1 General

In a non-linear device, the expression for the output signal will, in general, have an infinity of terms, each generated from one or more of the (assumed sinusoidal) terms in the input, and particularly by the interaction of two or more terms. A detailed derivation is described in the Annex A.

A method of measurement of non-linearity for pure digital channel load is under consideration.

4.3.2 Types of measurements

Measurements related to the following phenomena are described:

- intermodulation between two or three single frequency signals;
- composite beats produced by a number of single frequency signals;
- composite crossmodulation between a number of single frequency signals.

A proper specification shall include at least the following details:

- a) the particular effect that is measured;
- b) the required signal to distortion ratio.

The result of the measurement shall be given as the worst-case maximum signal level at the equipment output that allows the required signal to distortion ratio to be met. If the output level is sloped with frequency, this shall be defined.

The effect shall be defined as being of a particular order (e.g. "third-order intermodulation").

4.3.3 Intermodulation

4.3.3.1 General

The two equal carrier and the three equal carrier methods described are applicable to the measurement of the ratio of the carrier to a single intermodulation product at a specified point within the cable network. The methods can also be used to determine the intermodulation performance of individual items of equipment.

NOTE 1 It should be especially noted that the simultaneous use of many channels spaced by the same frequency interval results in a large number of intermodulation products (particularly those of the third-order) falling near the vision carrier of a wanted television channel.

In these cases, the resultant interference is of an extremely complex nature and an alternative measurement procedure will be needed. This is covered in 4.3.4 and 4.3.5.

Examples of second-order and third-order intermodulation products are given in Annex B.

Second-order products are encountered only in wideband equipment and systems, covering more than one octave, and shall be measured using two signals (see Clause B.1).

Third-order products are encountered in wideband and narrowband equipment and systems and shall be measured using three signals (see Clause B.2).

NOTE 2 If the unequal carrier method of measurement, as described in IEC 60728-5, is used, the output level giving the appropriate signal to distortion ratio must be decreased by 6 dB to obtain the correct result for the equal carrier method described here.

4.3.3.2 Equipment required

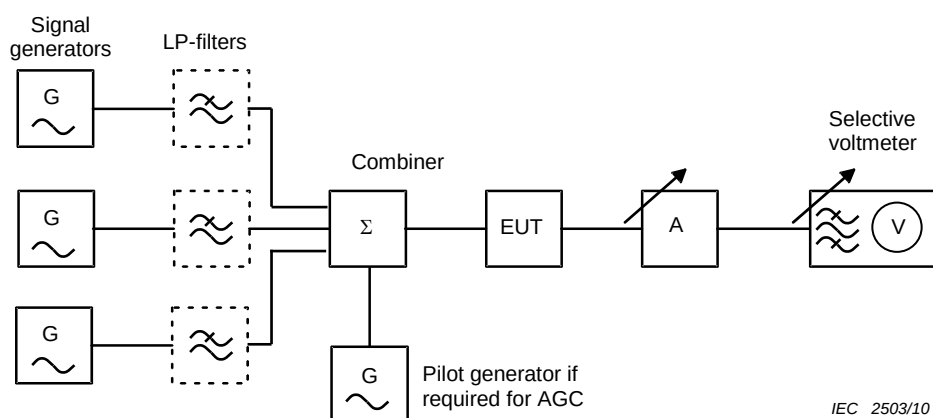
The following equipment is required.

- A selective voltmeter covering the frequency range of the equipment or system to be tested. This may be a spectrum analyzer.
- The appropriate number of signal generators covering the frequencies at which the tests are to be carried out.
- A variable attenuator with a range greater than the signal to intermodulation ratio expected, if not incorporated in the voltmeter described in 4.3.3.2 a).
- A combiner will be required for tests on equipment and systems with a single input (Figure 3).

NOTE Additional items may be necessary, for example to ensure that the measurements are not affected by spurious signals generated in the test equipment itself (Annex C).

4.3.3.3 Connection of equipment

The equipment shall be connected as shown in Figure 3.



NOTE 1 The requirement for the items of test equipment indicated by dotted lines depends on the results of checks given in Annex C. The filters at the signal generator outputs may be needed to suppress spurious signals. The selective voltmeter input filter may be required to prevent intermodulation in the meter. If a filter is used, then the possible mismatch should be avoided by not reducing the attenuator value below 10 dB.

NOTE 2 To avoid intermodulation between the signal generators, it may be necessary for the combiner to be in the form of one or more directional couplers (see Annex C).

Figure 3 – Basic arrangement of test equipment for evaluation of the ratio of signal to intermodulation product

4.3.3.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps.

a) General

Unless otherwise required, the reference output levels used in the measurements shall be the nominal output levels for the equipment. It shall be quoted whether the signal output levels are constant over the frequency range or not. If the specified output levels are not constant over frequency range then the output levels of all the test signals shall be quoted in the results.

Measurements of both second order and third order products shall be carried out with the test signals widely and closely spaced over each band of interest at frequencies capable of producing significant products within the overall frequency range.

Where the equipment to be measured includes automatic gain control, tests shall be carried out at the nominal operating signal input levels.

b) Calibration and checks

A check shall be made to determine if the harmonics and other spurious signals at the outputs of the signal generators are likely to affect materially the results of the measurements (see Annex C).

The selective voltmeter shall be calibrated and checked for satisfactory operation (see Annex C).

A check shall be made for possible intermodulation between the signal generators at the output levels to be used for the tests (see Annex C).

c) Measurement

Set the signal generators, in CW mode, to the frequencies of the test signals (see 4.3.3.4 a) and Annex B) and adjust their outputs and that of the different points of the system as far as the point of measurement to obtain the specified system operating levels throughout.

Connect the variable attenuator and selective voltmeter and other items if required (see Annex C) to the output of the equipment under test. Tune the meter to each test signal and note the attenuator value a_1 required to obtain a convenient meter reading R for the reference signal. The attenuator value a_1 should be slightly greater than the signal to intermodulation ratio expected at the point of measurement.

Tune the meter to the intermodulation product to be measured and reduce the setting of the variable attenuator to the value a_2 required to obtain the same meter reading R .

NOTE When measuring levels of intermodulation products, it may be necessary to insert a filter at the input to the meter (see Annex C). In such instances the insertion loss (in dB) of the filter at the frequency of the products shall be added to the attenuator value.

The signal to intermodulation product ratio in dB is given by

$$S/I = a_1 - a_2$$

where

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

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

4.3.4 Composite triple beat

4.3.4.1 General

The method of measurement of composite triple beat using CW signals is applicable to the measurement of the ratio of the carrier to composite triple beat at a specified point in a cable network. The method can also be used to determine the composite triple beat intermodulation performance of individual items of equipment.

When the input signals are at regularly spaced intervals (as is common in most allocations for TV channels), the various distortion products tend to cluster in groups, close to the TV channels. The number of different products in each cluster increases rapidly with the number of

channels, and they combine in different ways, depending on the degree of coherence between generating signals, and the relative phases of the different distortion products.

The method described in this subclause measures the non-linear distortion of a device or system by the composite effect of all the beats clustered within ± 15 kHz of the vision carrier of a TV channel. During the measurement, the vision carrier of that channel shall be turned off, so that the composite triple beat measured is that generated by all the carriers except that of the measured channel.

The method is used to support a specification of the following general format:

"The composite triple beat ratio for groups of carriers in channel (A) at (B) dB(μ V) is (C) dB."

where

- (A) designates the channel in which the test is made. If omitted, the specification is understood to be a minimum specification for measurements at all the channels specified by the list of carriers;
- (B) is the reference level at which all the carriers should be set during the measurement, unless otherwise specified. If all the carriers are not at the same level, the specification should clearly indicate the level of each carrier relative to the reference level;
- (C) is the composite triple beat ratio, usually given as a minimum specification.

Because of the large variety of frequency plans in use throughout the world and the need to compare readily performance specifications of different manufacturer's equipment, the measurement should be made with the carriers listed in Annex D (the carriers are all in an 8 MHz raster, except for the special case of 48,25 MHz).

The vision carrier frequencies are arranged in groups and only complete groups shall be used, except as stated below. If an amplifier is specified up to 450 MHz, group A shall be used. If specified up to 550 MHz, groups A and B shall be used. If specified up to 862 MHz, all groups A, B, C, D and E shall be used.

If an amplifier is specified up to 1 000 MHz the method of measurement for pure digital channel load should be used. This method of measurement is currently under consideration.

Group A can also be used in part, dependent on the specified bandwidth of the equipment under test. The frequencies deleted shall be stated. If the carrier 48,25 MHz is not used in case where the forward path starts with 85 MHz, then the results of measurements shall be published including the notice "without Band I". If the equipment can operate at all frequencies in group A this result shall be quoted together with the result where only a part of group A is used.

For all pass bands, the performance shall be quoted for the maximum possible number of complete groups. The manufacturer may, in addition, provide a performance figure for a larger number of carriers. The frequencies deleted shall be stated.

4.3.4.2 Equipment required

The following equipment is required:

- a) a spectrum analyzer with 30 kHz intermediate frequency (IF) bandwidth and 10 Hz video bandwidth capability;

NOTE When using a spectrum analyzer with minimum video filtering capabilities greater than 10 Hz, the composite third-order distortion may be noisy and should be read at the middle of the trace.

- b) a variable 75 Ω attenuator, adjustable in 1 dB steps;

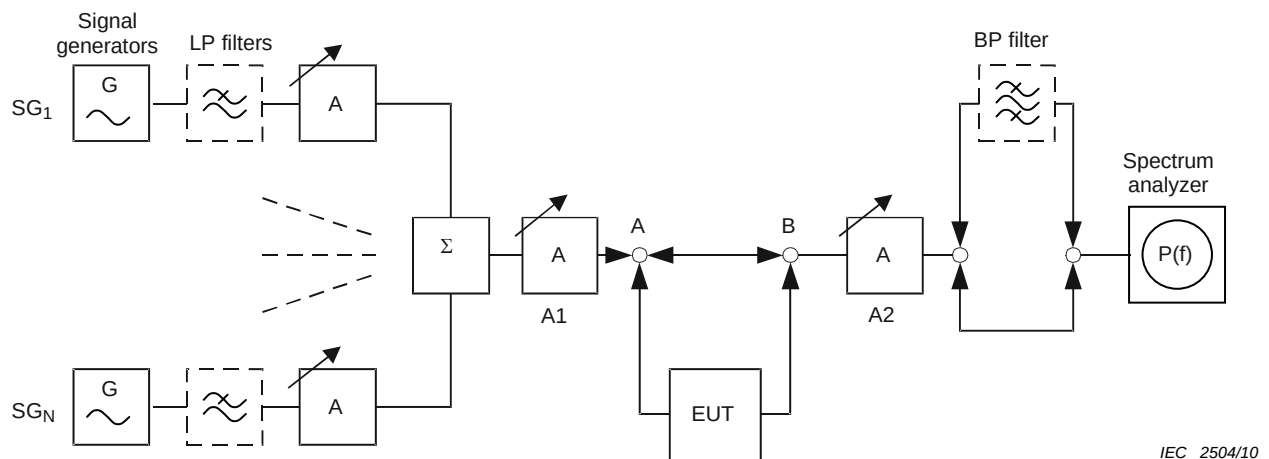
- c) a bandpass filter for each channel to be tested or a tunable bandpass filter. This filter shall attenuate the other channels present on the system to be tested sufficiently to ensure that the products generated by non-linearity in the spectrum analyzer itself do not contribute significantly to the composite beat products to be measured.

The passband of this filter shall be flat, at least to within 1 dB over the frequency range of interest, and shall be well-matched over the complete frequency band. If necessary, a fixed attenuator shall be connected at the input to the filter;

- d) CW generators, operating at the frequencies of the vision carriers used in the system to be tested; The tuning accuracy and stability shall be better than ± 5 kHz. The number of generators needed is governed by the number of groups of frequencies used for the tests (see 4.3.4.1);
- e) a combiner for the signals from the generators;
- f) matching devices, attenuators and filters, etc. to obtain the correct signal levels, matching conditions and reduction of spurious signals at the input of the system.

4.3.4.3 Connection of equipment

The equipment shall be connected as shown in Figure 4.



IEC 2504/10

Figure 4 – Connection of test equipment for the measurement of non-linear distortion by composite beat

4.3.4.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) connect point A directly to point B and disconnect the bandpass filter (see Figure 4). Adjust the level of each generator for an output level at point A equal to that which will be present when the system or equipment under test is connected;
- b) adjust the spectrum analyzer as follows:
- | | |
|-----------------|-------------|
| IF bandwidth | 30 kHz |
| video bandwidth | 10 Hz |
| scan width | 50 kHz/div. |
| vertical scale | 10 dB/div. |
| scan time | 0,5 s/div |
- c) tune the spectrum analyzer so that the vision carrier of the channel in which the measurement is to be made is centred on the display screen;

- d) adjust the sensitivity of the spectrum analyzer together with its internal and external input attenuator in such a way that the response to the vision carrier corresponds to a full scale reference. At the same time, the noise level shall be at least 10 dB lower than the distortion level expected;
- e) insert the bandpass filter corresponding to the channel to be measured and adjust the input attenuator to correct for the attenuation of the filter;
- f) disconnect the generator for the channel to be measured and terminate the combiner with its nominal impedance;
- g) verify that the intermodulation products generated in the spectrum analyzer over the entire channel are at least 20 dB below the distortion ratio required. If this is not the case, disconnect the bandpass filter and repeat the steps d) to g) of this procedure with decreased sensitivity of the spectrum analyzer;
- h) note the setting of the sensitivity control;
- i) connect the signal generator again and repeat steps c) to h) of this procedure for all channels;
- j) connect the device to be tested between points A and B and reset the signal generators to obtain the required output levels at point B;
- k) adjust the centre frequency of the spectrum analyzer as in step c) and insert the appropriate bandpass filter;
- l) adjust the input attenuator (internal or external) to return the response of the spectrum analyzer to the vision carrier to full scale with the appropriate setting of its sensitivity control (see step h);
- m) disconnect the generator for the channel to be measured and terminate the combiner with its nominal impedance;
- n) the composite triple beats are clustered within ± 15 kHz of the vision carrier, so the signal/composite triple beat ratio can be read directly off the screen of the spectrum analyzer;
- o) adjust the attenuator A1 of Figure 4 to obtain the required signal/composite triple beat ratio and compensate for the change in output level by using attenuator A2;
- p) measure the signal level at the output of the equipment under test;
- q) repeat the steps k) to p) of this procedure for every channel used in this test;
- r) the worst case maximum output level giving the required signal to composite triple beat ratio shall be noted for publication.

4.3.5 Composite second order beat

4.3.5.1 General

The test equipment required, connection of equipment and measurement procedure are as for the composite triple beat measurement but with the following differences.

4.3.5.2 Equipment required

The test equipment required is the same as described in 4.3.4.2.

4.3.5.3 Measurement procedure

The procedure is as for composite triple beat except that the second order beats are not clustered (± 15 kHz) about the exact carrier frequencies but may be clustered (± 10 kHz) at $\pm 0,75$ MHz or $\pm 0,25$ MHz from them. The carrier/composite second order distortion ratio can be read directly off the screen of the spectrum analyzer.

For composite second order, it is also necessary to measure the beats close to the channel at 48,25 MHz or, where this is not possible with the equipment under test, at the lowest frequency available. Although it is not essential to have the carrier present at this frequency, it may

be useful for reference purposes. In this case, the second order beats are clustered around 48,00 MHz ± 10 kHz and so again may be read directly off the screen of the spectrum analyzer.

The worst case maximum output level giving the required signal to composite second order distortion ratio shall be noted for publication.

4.3.6 Composite crossmodulation

4.3.6.1 General

The multi-signal method of measurement is used. The equipment output signal levels that produce the required composite amplitude crossmodulation ratio and the composite total crossmodulation ratio are measured.

The method described is applicable to the measurement of crossmodulation by the transfer of modulation from multiple interfering modulated signals on to an unmodulated wanted signal. Measurements are made using the same carrier frequencies as for composite second order, i.e. as shown in the Table D.1.

The method uses multiple interfering signals synchronously modulated so that the voltage at the peak of the modulation envelope is equal to the reference level L , which is also the level of the unmodulated wanted signal.

A correction factor is included to allow for the use of modulation depths less than 100 % (see Table 1).

Table 1 – Correction factors where the modulation used is other than 100 %

Modulation (AC coupled) %	Correction to be added to measured ratio dB
100	0
90	0,4
80	0,9
70	1,4
60	1,9
50	2,5
40	3,1
30	3,7

Composite amplitude crossmodulation is defined as the transfer of amplitude modulation from a number of modulated signals to the wanted carrier, and can be expressed as follows:

$$20 \lg \frac{\text{p - p voltage of wanted amplitude modulation}}{\text{p - p voltage of transferred amplitude modulation}}$$

Composite total crossmodulation is defined as the transfer of total modulation, i.e. the vector sum of amplitude and phase modulation, from a number of modulated signals to the wanted carrier, and can be expressed as follows:

$$20 \lg \frac{\text{p - p voltage of wanted sideband}}{\text{p - p voltage of transferred sideband}}$$

The measurement results obtained at the chosen depth of modulation are corrected to those which would be obtained with 100 % modulation (see Table 1).

The equipment under test is measured at the maximum output signal level that will allow a particular wanted modulation/composite crossmodulation ratio to be achieved (usually 60 dB).

4.3.6.2 Conditions of measurement

The following measurement conditions apply.

- a) The measurements shall be carried out with all the input signals present. These shall be appropriate to the frequency range of the particular equipment under test and in accordance with the Table D.1.
- b) Where the equipment to be measured includes AGC, the tests shall be made at the input signal's nominal levels.
- c) All levels shall be expressed in RMS values.

4.3.6.3 Equipment required

The following equipment is required:

- a) an RF selective voltmeter covering the frequency range of the system or equipment to be tested having linear demodulated output facilities at the depths of modulation to be used and a bandwidth adequate to pass the desired AF sidebands without attenuation. If the selectivity and linearity of the voltmeter are not adequate to prevent the generation of spurious signals, it is essential that the bandpass filter shown in Figure 5 is inserted.

The RF selective voltmeter shall indicate the RMS value of its input signal at the peaks of the modulation envelope;

- b) signal generators covering the appropriate vision carrier frequencies as listed in Annex D, all having the required modulation facilities, and linear at the depth of modulation to be used.

NOTE It is recommended that the modulation frequency approximates the line scan frequency of the TV signals in order to include effects which may be caused by the low frequency circuits (e.g. decoupling) in the equipment to be tested. The modulation frequency should not be a multiple of the power supply frequency.

Any symmetrical modulation waveform (excluding pulse modulation) may be used providing the same signal generator is used for both calibration and measurement, and the modulation depth and waveform remain the same;

- c) a modulating voltage generator of sufficient output to provide common modulation of the signal generators in b);
- d) an AF selective voltmeter covering the modulation frequency to be used and having a calibrated input level range exceeding the expected crossmodulation ratio;
- e) a combiner, matching devices, attenuators, filters, etc. to obtain the correct signal levels, matching and reduction of spurious signals;
- f) a spectrum analyzer with 1 kHz IF bandwidth and 10 Hz video bandwidth capability;
- g) a bandpass filter for each channel to be tested or a tunable bandpass filter. This filter shall attenuate the other channels present on the system to be tested sufficiently to ensure that the products generated by non-linearity in the spectrum analyzer itself do not contribute significantly to the crossmodulation products to be measured. The passband of this filter shall be flat at least to within 1 dB over the frequency range of interest, and shall be well-matched over the complete frequency band. If necessary, a fixed attenuator shall be connected to the input of the filter.

4.3.6.4 Connection of equipment

Connect the equipment as shown in Figure 5.

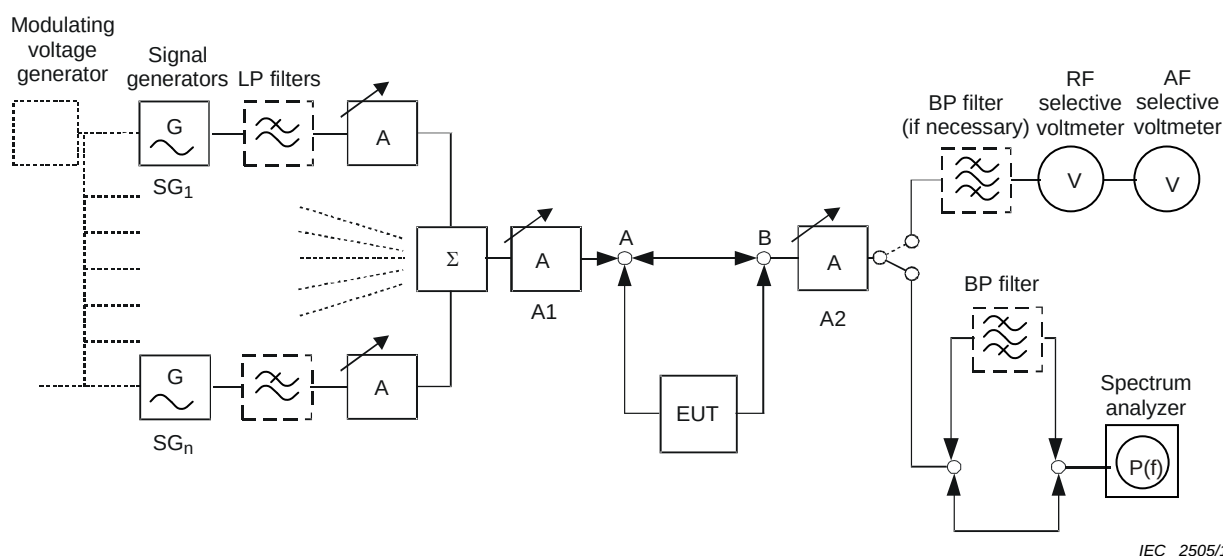


Figure 5 – Connection of test equipment for the measurement of composite crossmodulation

4.3.6.5 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps:

- Composite amplitude crossmodulation
 - a) connect the output of the equipment under test to the RF selective voltmeter;
 - b) select each signal generator in turn, set the modulation depth and adjust the output to give the desired RF peak level L at the output of the equipment to be tested using the RF selective voltmeter;
 - c) tune the selective voltmeter to the frequency of the carrier selected as the wanted signal. Switch off all the unwanted signals. Adjust the AF selective voltmeter for a convenient reading of the demodulated signal. Note this reading;
 - d) switch off the modulation on the selected wanted signal. Adjust its unmodulated output to give the desired RF level L at the output of the equipment to be tested, using the RF selective voltmeter;
 - e) switch on all the modulated signals and, with the RF selective voltmeter tuned to the wanted carrier frequency, note the level of the demodulated amplitude crossmodulation signal on the AF selective voltmeter;
 - f) the difference in decibel between the levels obtained in steps c) and e), corrected as in Table 1, is the amplitude crossmodulation ratio referred to 100 % modulation. Adjust the attenuator A1 of Figure 5 and compensate for the change in output level using attenuator A2 in order to obtain the required composite amplitude crossmodulation ratio;
 - g) the worst case maximum output level giving the required signal to composite amplitude crossmodulation ratio shall be noted for publication.
- Composite total crossmodulation
 - h) connect the output of the system or equipment under test to the spectrum analyzer;
 - i) adjust the spectrum analyzer as follows:

IF bandwidth	1 kHz;
video bandwidth	10 Hz;
scan width	5 kHz/div.;
vertical scale	10 dB/div.;

scan time 2 s/div.;

- j) tune the spectrum analyzer to the channel on which the measurement is to be made so as to display the vision carrier and a frequency range of 25 kHz on either side of the carrier;
- k) switch off all other channels and switch on the modulation of the channel to be measured;
- l) insert the bandpass filter corresponding to the channel to be measured and adjust the input attenuator to correct for the attenuation of the filter;

NOTE When using a spectrum analyzer with minimum video filtering capabilities greater than 10 Hz, the composite crossmodulation may be noisy and should be read at the middle of the trace.

- m) adjust the sensitivity of the spectrum analyzer together with its internal and/or external input attenuator in such a way that the responses to the first sidebands, approximately 15 kHz on either side of the vision carrier, correspond to a full scale reference; At the same time, the noise level shall be at least 10 dB lower than the distortion level expected;
- n) switch off the modulation of the wanted carrier and switch on all the other modulated carriers;
- o) measure the amplitude of the sidebands on either side of the wanted carrier caused by the total composite crossmodulation transfer; The difference in dB between the full scale reference and the largest of the sidebands, corrected as in Table 1, is the total crossmodulation ratio referred to 100% modulation.

Adjust attenuator A1 of Figure 5 and compensate for the change in output level by using the attenuator A2 in order to obtain the required total composite crossmodulation;

- p) repeat steps a) to n) of this procedure, each time selecting a different wanted signal, until all channels used in this test have been selected;
- q) the worst case maximum output level giving the required signal to composite total crossmodulation ratio shall be noted for publication.

4.3.7 Method of measurement of non-linearity for pure digital channel load

Under consideration.

4.3.8 Hum modulation of carrier

4.3.8.1 Definition

The interference ratio for hum modulation is given by the ratio, expressed in dB, between the peak-to-peak value (A) of the unmodulated carrier and the peak-to-peak value, a , of one of the two envelopes caused by the hum modulated to this carrier (see Figure 6).

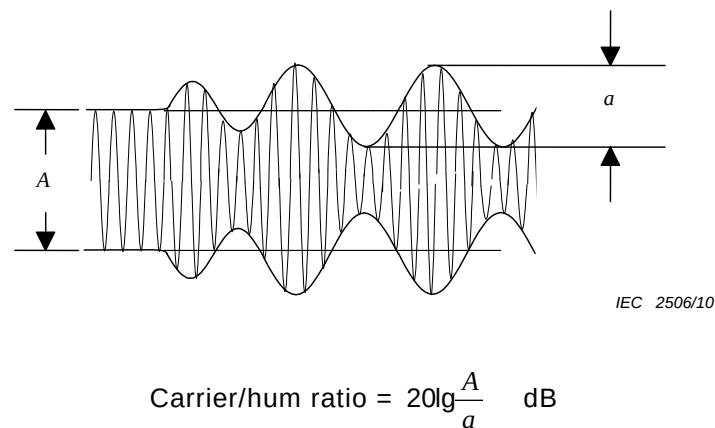


Figure 6 – Carrier/hum ratio

4.3.8.2 Description of the method of measurement

4.3.8.2.1 General

This method of measurement is valid for radio and TV signal equipment within a cable network that are supplied with alternating current, 50 Hz.

For measuring purposes sinusoidal voltages from a source with sufficient low output impedance are used. Taking into account the maximum admissible voltage or the maximum admissible current, the worst value for the operating frequency range shall be published.

NOTE For cable networks the peak value of the supply voltage or of the supply current can be higher than the value resulting from calculation using the corresponding waveform factor.

To measure the test object an oscilloscope method is used.

4.3.8.2.2 Test equipment required

The following test equipment is required:

- adjustable voltage source;
- variable load resistor;
- power inserter;
- variable attenuator;
- oscilloscope;
- voltmeter (RMS);
- ampere meter;
- tunable RF signal generator with sufficient phase noise and hum modulation ratio, including AM capability (400 Hz);
- detector including (battery powered) LF-amplifier and 1 kHz LP-filter in the output, to suppress low frequency distortion (A HP-filter shall be used at the input).

4.3.8.2.3 Connection of test equipment

The connection scheme for local-powered test objects is shown in Figure 7. The connection scheme for remote-powered test objects is shown in Figure 8.

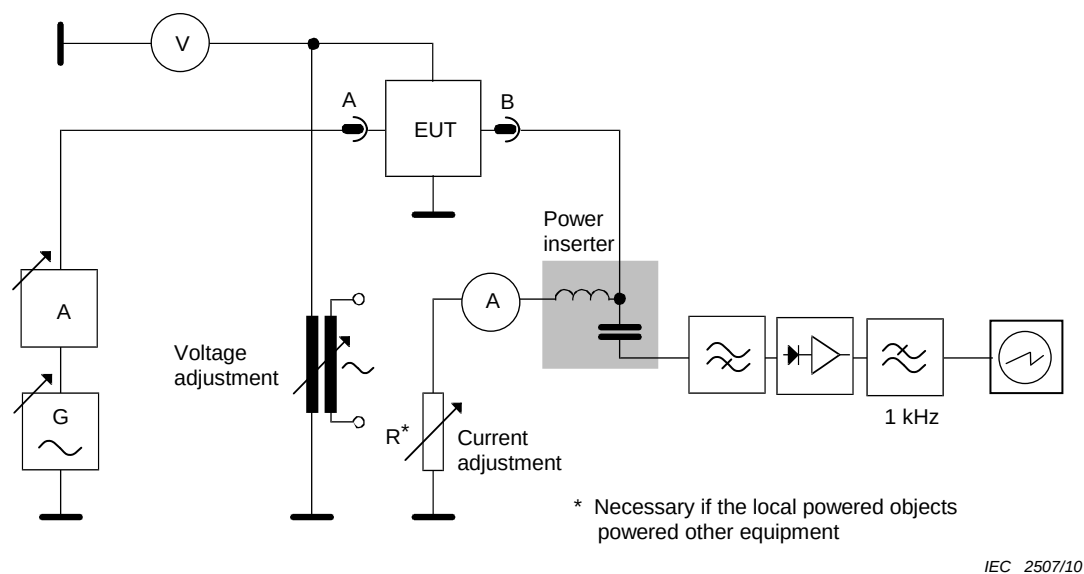


Figure 7 – Test set-up for local-powered objects

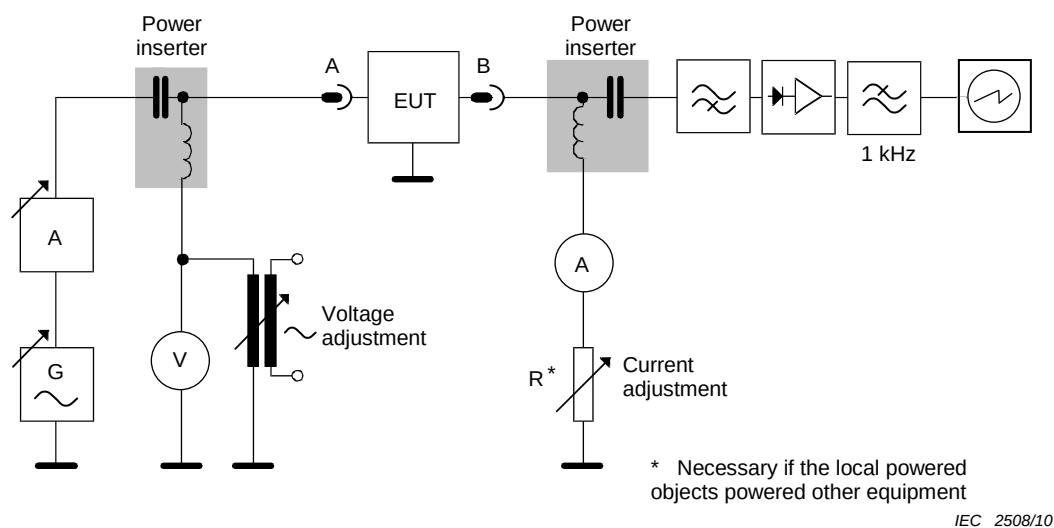


Figure 8 – Test set-up for remote-powered objects

4.3.8.3 Measuring procedure

4.3.8.3.1 Set-up of calibration

The reference signal is generated by means of the RF signal generator shown in Figure 7 and Figure 8. Select an RF carrier frequency that suits the TV channel under consideration and modulate it to a depth of 1 % at a frequency of 400 Hz. Adjust the RF signal generator to an appropriate level and read the peak-to-peak value of the demodulated AM signal ("c" in Figure 9) on the oscilloscope. This is the reference signal. With 1 % modulation this value is

$$-20 \lg (0,01) = 40 \text{ dB.}$$

The modulation of the signal generator has to be switched off. The remaining value "m" in Figure 9 is the value to be measured.

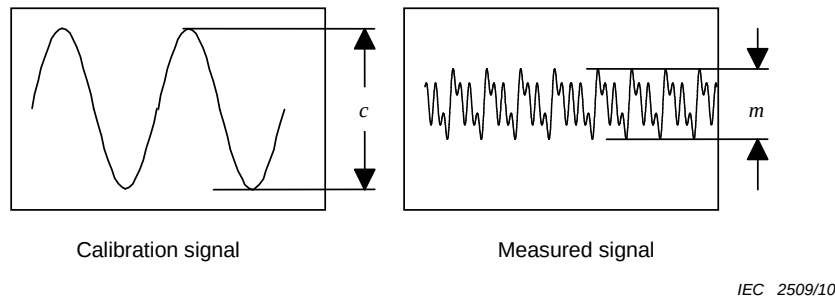


Figure 9 – Oscilloscope display

Check the suitability of the measuring set-up by connecting points A and B together and measuring the set-ups inherent hum. The calculation of the hum modulation ratio is given in 4.3.8.4. This value should be at least 10 dB better than the values to be measured for the equipment under test. For measurements with set-ups for local powered objects, use the set-up shown in Figure 7 to check. The subsequent measurements shall be carried out in suitable increments through the entire operating frequency range. The measured value is independent of the RF level, however, the RF level should be at least the magnitude of the test object's operating level.

4.3.8.3.2 Local-powered test objects

Adjust the test object to maximum or minimum operating voltage using the transformer. The supply current depends on the power requirement of the test object. Modulate the signal generator with the reference signal and adjust the level at point B by means of an attenuator so that neither the measuring object is overdriven nor the detector is within a non-admissible operating range. Note down the peak-to-peak amplitude "c" of the demodulated reference signal which is displayed on the oscilloscope. Then switch off the reference signal and measure the peak-to-peak value "m" of the remaining signal.

In addition, for test objects with remote supply terminals, adjust the maximum admissible current for the respective terminal by means of resistor R.

4.3.8.3.3 Remote-powered test objects

For remotely supplied test objects, generally proceed as described in the paragraphs above on "Local-powered test objects". The only difference is that the supply energy is routed to the equipment via an RF terminal. In case there are several RF interfaces available for power insertion, each of these interfaces shall be included in the measurement procedure in a suitable manner.

4.3.8.4 Calculating the hum modulation ratio

4.3.8.4.1 Frequency range

The considered frequency range for the hum is from 50 Hz to 1 kHz.

4.3.8.4.2 Individual object

Hum modulation ratio $_{[EUT]} = 40 + 20 \lg(c/m)[dB]$ for 1 % reference modulation depth.

For other chosen reference modulation depth, the value 40 dB has to be replaced by the result of the term: $-20 \lg(\text{modulation depth})$.

4.3.8.4.3 Cascaded test objects

For high hum modulation ratios it can be useful to cascade several test objects for better determination of the measuring values. Then, for calculating the individual object, use the following formula:

$$\text{Hum modulation ratio}_{[EUT]} = \text{Hum modulation ratio}_{[\text{cascaded}]} + 20 \lg n \text{ [dB]}$$

where n = number of cascaded test objects.

4.3.8.4.4 Loop value correction

In case a set-up calibration correction is required use the following formula:

$$\text{Hum modulation ratio}_{[EUT]} = -20 \lg \left(10^{\frac{\text{measured value}}{20}} - 10^{\frac{\text{calibration correction}}{20}} \right) \text{ dB}$$

4.4 Automatic gain and slope control step response

4.4.1 Definitions

In cable networks using broadband amplifiers having automatic gain and slope controls, it is important to have carefully chosen control time constants to prevent instability when amplifiers are cascaded. Moreover, correctly chosen time constants are an advantage during measurements with CATV systems analyzers.

The control time constant T_C is the time in which the effect on the output of an instantaneous change in level at the input of an amplifier is reduced to 50 % of the instantaneous change.

NOTE It is assumed that the control curve follows an exponential function. Contrary to the normal definition of a time constant, the 50 % value has been chosen as it is more easily read on the display of a spectrum analyzer, (see Figure 10).

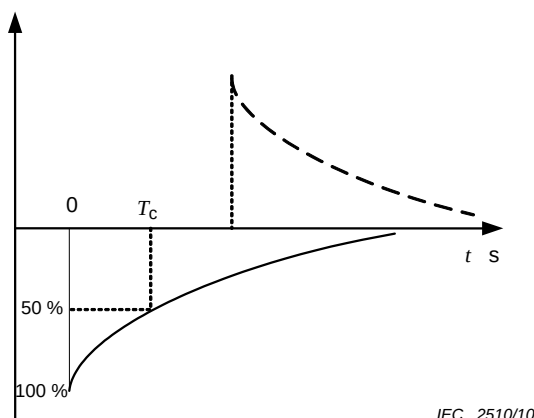


Figure 10 – Time constant T_C

The following procedure is used on equipment using pilots.

4.4.2 Equipment required

The following equipment is required:

- a) two pilot frequency generators (or one if only one pilot frequency is used);

- b) a combiner for the two pilot frequency generators;
- c) one switched attenuator;
- d) two rotary switches (make-before-break);
- e) two cables with attenuation of 2 dB at the highest frequency of the amplifier range;
- f) a spectrum analyzer with storage display.

4.4.3 Connection of equipment

The equipment is connected as shown in Figure 11.

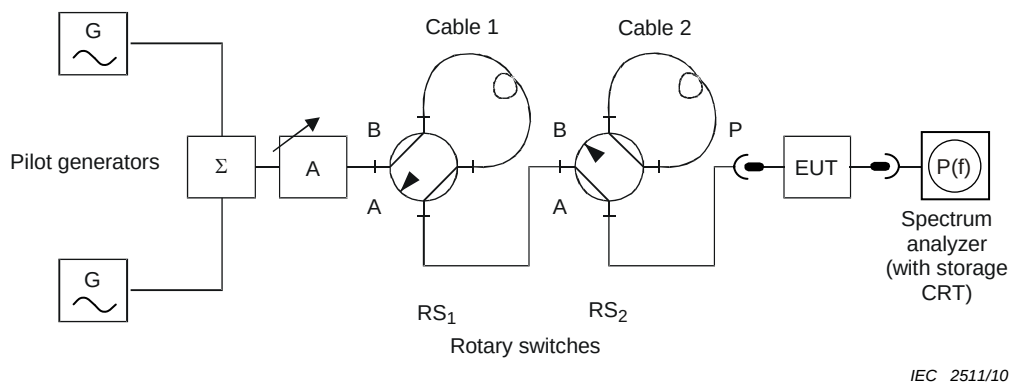


Figure 11 – Measurement of AGC step response

4.4.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) with the rotary switches RS_1 and RS_2 in position B, (no cables), ensure that the pilot signals at the point P have the same value and that the input levels are in the normal operating range of the equipment under test;
- b) turn the rotary switch RS_1 to position A (cable 1) and connect the equipment under test. With a 2 dB plug-in equaliser (or an additional 2 dB cable equaliser in front of the equipment under test), the pilot signals will have the same level at the first stage of the amplifier;
- c) switch the equipment under test to automatic gain control. The two pilot frequencies on the spectrum analyzer should have the normal level;
- d) tune to the upper pilot frequency using the spectrum analyzer on the following settings:

frequency span	0 MHz
IF bandwidth	3 MHz
scan time	0,5 s/div.
vertical scale	1 dB/div.
- e) turn the rotary switch RS_2 to position A (negative step) shortly after the start of the spectrum analyzer scan. See Figure 11. Measure the control time constant T_C ;
- f) repeat the procedure with the rotary switches in the same start positions (RS_1 at A, RS_2 at B) and turn RS_1 to position B (no cable), (positive step);
- g) repeat the procedure for the lower pilot frequency.

4.5 Noise figure

4.5.1 General

Normally the noise figure is measured using either a calibrated noise generator suitable for the required frequency range or, more conveniently, with an automatic noise figure meter using an excess noise source.

The following clauses describe the "twice power" method of measurement using a calibrated noise generator.

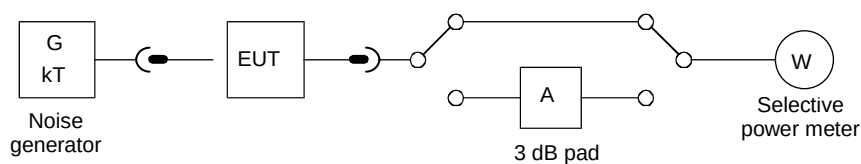
4.5.2 Equipment required

The following equipment is required:

- a noise generator (excess noise source) suitable for the frequency range in use with dB, or kT_0 , calibration.
- a 3 dB attenuator.
- a frequency selective power meter (voltmeter).

4.5.3 Connection of equipment

The equipment is connected as in Figure 12. The connection between the noise generator and the equipment under test should be short. The impedance of all equipment should be $75\ \Omega$.



IEC 2512/10

Figure 12 – Measurement of noise figure

4.5.4 Measurement procedure

The measurement procedure comprises the following steps:

- set a convenient reference on the power meter at the wanted frequency without the 3 dB attenuator and without additional noise at the input port of the equipment under test (noise generator turned off); The measured noise level should be at least 10 dB higher than the indication of the power meter if its input is terminated in $75\ \Omega$. The bandwidth of the power meter should be adjusted to obtain a stable reading;
- insert the 3 dB attenuator and increase the noise generator output level until the power meter returns to the original reference level;
- read the noise figure from the noise generator;
- repeat steps a) to c) at different frequencies across the band. The worst case shall be stated.

4.6 Crosstalk attenuation

4.6.1 Crosstalk attenuation for loop through ports

4.6.1.1 General

Each loop through port corresponds to one input port. Due to crosstalk a loop through port of a multi-switch carries besides the corresponding input signal interfering signals from other input ports. Therefore, the crosstalk attenuation between input ports is an important parameter.

4.6.1.2 Equipment required

A network analyzer is required.

4.6.1.3 Measurement procedure over the operating satellite IF frequency range

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) connect the network analyzer reflection port to multi-switch input port 1 (see Figure 13);
- b) connect the multi-switch loop through port 1 to the network analyzer transmission port. Loop through port 1 corresponds to input port 1;
- c) terminate all unused ports;
- d) measure the attenuation between the input port 1 and the loop through port 1. Let a_1 be the attenuation in decibels over the operating frequency range;
- e) connect the network analyzer reflection port to another multi-switch-input port, for example input port 2;
- f) terminate all unused ports;
- g) measure the attenuation between the input port 2 and the loop through port 1. Let a_2 be the attenuation in decibel over the operating frequency range.

The worst-case crosstalk attenuation in decibels is the minimum of $a_2 - a_1$ over the operating satellite IF frequency range.

4.6.2 Crosstalk attenuation for output ports

4.6.2.1 General

Due to crosstalk an output port of a multi-switch carries, besides the selected input signal, interfering signals from other input ports. Therefore, the crosstalk attenuation between input ports is an important parameter.

In addition to electromagnetic coupling between leads, unwanted signals at the output port are due to imperfect isolation performance of the switches. Crosstalk attenuation for output ports is the combination of both.

4.6.2.2 Equipment required

The following equipment is required:

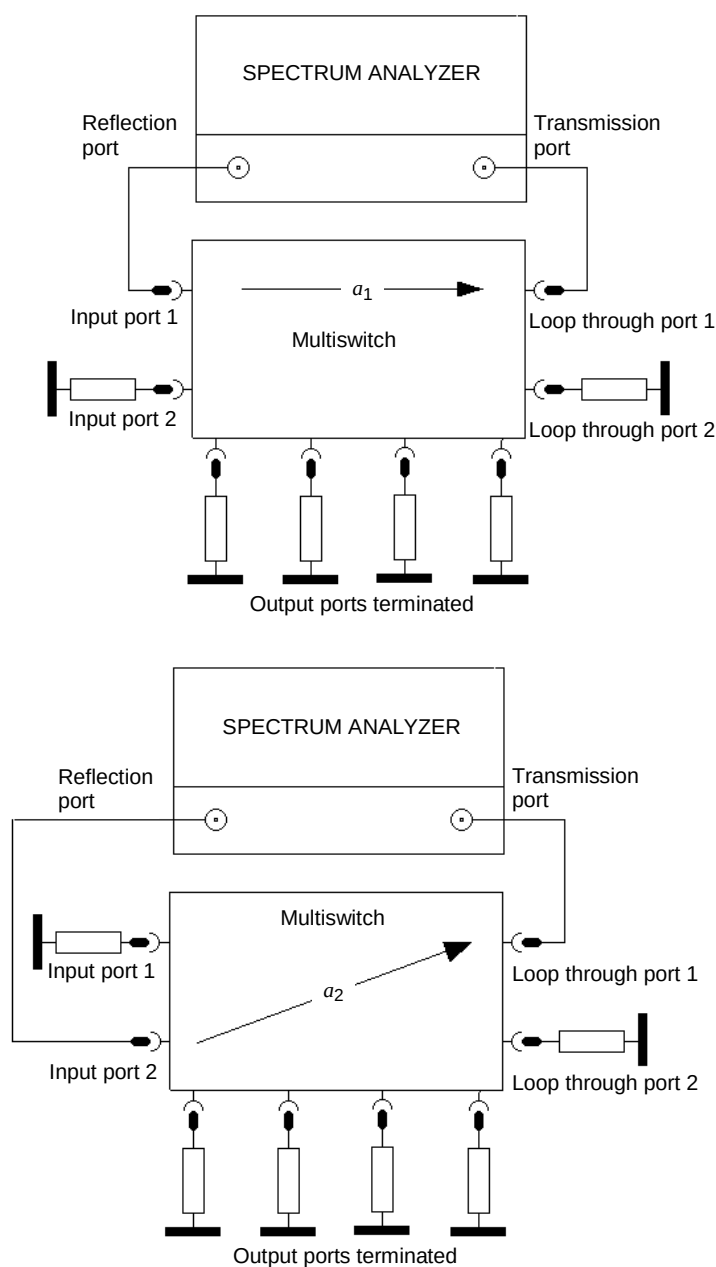
- a) network analyzer;
- b) bias-tee (see Figure 8);
- c) standard satellite receiver.

4.6.2.3 Measurement procedure over the operating satellite IF frequency range

The measurement procedure comprises the following steps:

- a) connect the multi-switch output port to the bias-tee RF and DC port;

- b) connect the bias-tee RF port to the network analyzer transmission port;
- c) connect the bias-tee DC port to the satellite receiver;
- d) set the satellite receiver to generate control signals that select input port 1 of the multi-switch;
- e) connect the network analyzer reflection port to multi-switch input port 1;
- f) terminate all unused ports;
- g) measure the attenuation between the selected input port 1 and the output port. Let a_1 be the attenuation in decibels over the operating frequency range;



IEC 2513/10

Figure 13 – Measurement of crosstalk attenuation for loop through ports of multi-switches

- h) connect the network analyzer reflection port to another multi-switch input port, for example port 2;
- i) terminate all unused ports;
- j) measure the attenuation between the not selected input port 2 and the output port. Let a_2 be the attenuation in decibels over the operating frequency range.

The worst-case crosstalk attenuation in decibels is the minimum of $a_2 - a_1$ over the operating satellite IF frequency range.

4.7 Signal level for digitally modulated signals

The method to measure the signal level for digitally modulated signals is described in IEC 60728-1.

4.8 Measurement of composite intermodulation noise ratio (CINR)

4.8.1 General

Non-linearity of return path equipment carrying only digital modulated signals can be measured using different methods. The most prevalent methods are:

- a) Bit Error Ratio (*BER*)

This method involves sending modulated, pseudo-random, bit streams on many channels to fill the return band. The *BER* is measured while changing the level of the RF signal.

- b) The noise in gap measurement

Distortion caused by noise is also noise. The measurement of distortion noise is possible, if a small gap of the noise is removed before the noise enters the equipment under test. The equipment is loaded with wideband noise and a small gap of the noise is removed before the noise enters the equipment under test. While changing the level of the loading noise, the gap is more or less filled with distortion noise. The ratio between the original loading signal (noise) and the distortion noise is measured and plotted.

- c) The multi-tone measurement

In this method two groups of more than ten CW tones are presented at the input of the equipment under test. The tones in each group are phase-locked to simulate the peak-to-average ratio of the digital channel. The signal level is varied, while measuring the ratio between the total power of the two groups of CW tones and the noise plus distortion power in the upper and lower third order products.

The result of plotting the *BER* or the power ratios versus the signal level is a bathtub curve. When the signal level is low thermal noise (or other constant noise such as *RIN* of lasers) will dominate. When the signal is high enough, intermodulation noise will dominate. All these methods can not differentiate between the two, since both appear as noise.

4.8.2 Equipment required

The following equipment is required:

- a) a source of white Gaussian noise covering the frequency band of the equipment to be tested;
- b) a filter to shape the noise as shown in Figure 14 for frequencies as given in Table 2.

Table 2 – Notch filter frequencies

Frequency range f_{low} to f_{high}	Notch filter frequency f		
5 MHz to 30 MHz	12 MHz	17,5 MHz	22 MHz
5 MHz to 50 MHz	22 MHz	27,5 MHz	35 MHz
5 MHz to 65 MHz	27,5 MHz	35 MHz	48 MHz

The filter shall limit the noise bandwidth to the bandwidth of the EUT. It shall also add a notch to the noise spectrum. The notch frequency shall be in the middle of the spectrum;

- c) a spectrum analyzer;
- d) a variable 75 Ω attenuator, adjustable in 1 dB steps.

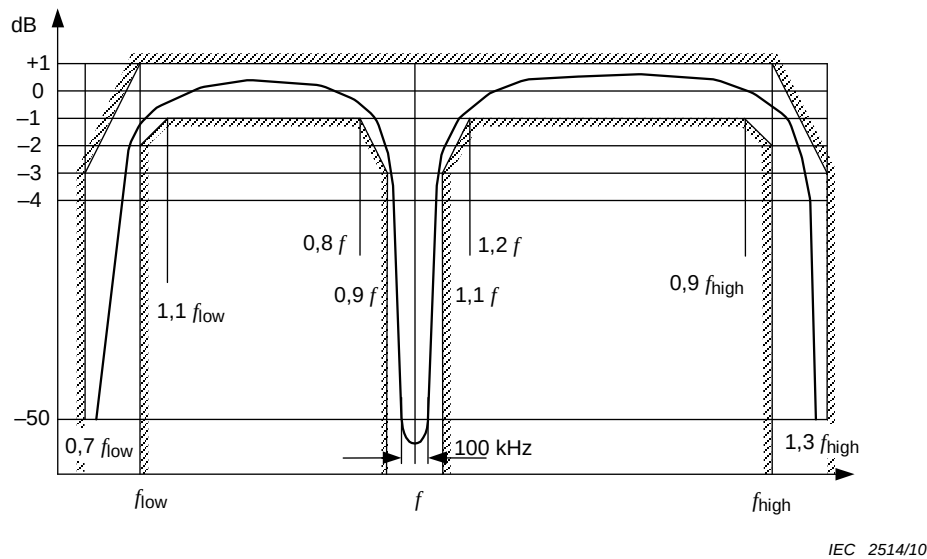


Figure 14 – Characteristic of the noise filter

4.8.3 Connection of equipment

The equipment shall be connected as in Figure 15. The filter can alternatively consist of several cascaded filter modules. Take care of correct impedance matching.

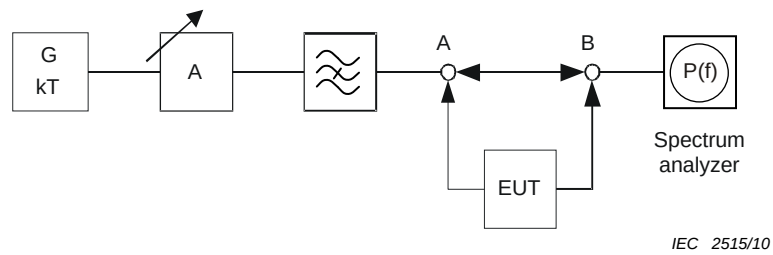


Figure 15 – Test setup for the non-linearity measurement

4.8.4 Measurement procedure

Because the digitally modulated signal is similar in characteristics to white noise, an accurate power density measurement can be performed using the marker noise function of a spectrum analyzer:

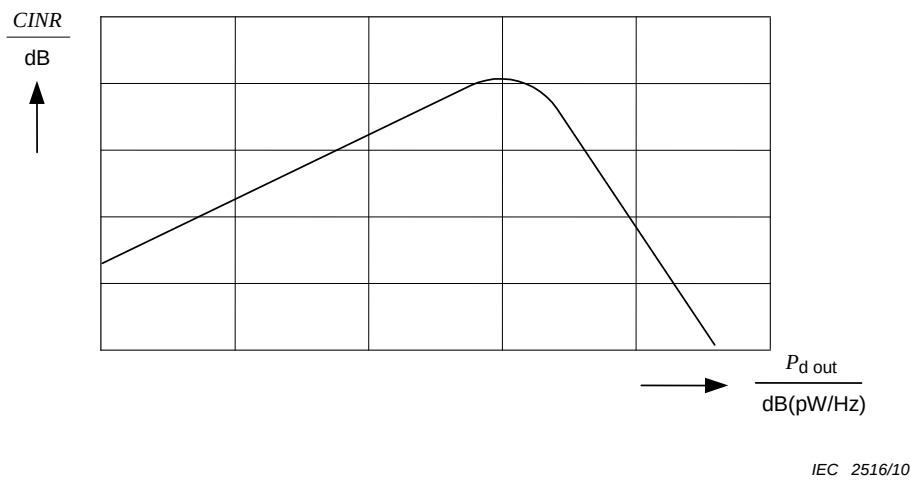
- a) connect point A directly to point B;
- b) adjust the spectrum analyzer as follows:
 - resolution bandwidth: 30 kHz,
 - video bandwidth: 100 kHz;

NOTE Necessary averaging may be achieved by sufficient long sweep times or by a sample detector, which makes level correction for noise marker measurement possible.

- start and stop frequency: as required,
- detector type: RMS vertical scale 5 dB/div;
- c) adjust the sensitivity of the spectrum analyzer to maximise the dynamic range. If the spectrum analyzer does not provide enough dynamic range to measure a high notch depth, a bandpass filter may be added in front of the spectrum analyzer which should pass enough of the signal and the notch so that both signal and notch level could be measured. The signal level for maximum dynamic range should be fixed as reference level;
- d) connect the equipment under test between points A and B, adjust the gain of the device for maximum gain and readjust the input attenuator of the spectrum analyzer to the reference level;
- e) while adjusting the variable attenuator always make sure to readjust the input attenuator of the spectrum analyzer to the reference level for maximum dynamic range. Verify that the analyzer noise floor is sufficiently (>10 dB) below notch level, otherwise use a noise-near-correction table. Verify that the analyzer's contribution to the intermodulation is negligible;
- f) measure the level of the wideband noise density in dB(mW/Hz) at point B. Measure *CINR* as the difference of the values of the noise inside and outside of the gap of the notch filter;
- g) the measurement shall be done at the three given frequencies according to Table 2.

4.8.5 Presentation of the results

The worst case of the results shall be plotted in dB of the composite intermodulation noise ratio (*CINR*) at the considered notch frequency versus the output power density P_d in dB(pW/Hz) (Figure 16).



$$P_d = P - 10 \lg (B_w)$$

where

P is the power in dB(pW);

B_w is the bandwidth in Hz.

Figure 16 – Presentation of the result of CINR

The indication of the best possible notch depth leads to incorrect data about intermodulation performance of the equipment, because at this signal level distortion noise does not dominate thermal noise. The results are highly dependent on the thermal noise performance of the equipment. For this reason, it is very useful to plot depths of the notch at its centre frequency versus several high output levels, to be sure to reach the signal levels where distortion noise dominates.

NOTE 1 If it is not possible to measure the full curve due to the dynamic range of the equipment, parts of the curve can be presented. See also Clause F.5.

NOTE 2 For a given system impedance, there is a precise relationship between power level and voltage level. For impedance of 75 Ω , the relationship is:

$$P \text{ [dB(pW)]} = L \text{ [dB(}\mu\text{V)]} - 18,75 \text{ dB}$$

where

L is the voltage level in dB(μ V);

P is the power level in dB(pW).

18,75 dB(μ V) corresponds to 0 dB(pW) at 75 Ω

4.9 Immunity to surge voltages

4.9.1 General

Surge voltages can occur at the coaxial inputs and outputs of CATV amplifiers by means of direct or indirect lightning strokes. These surge voltages are simulated by the method of measurement described hereafter in order to check the immunity and the protection measures of the relevant amplifier.

A surge voltage test used for an embedded power supply unit shall be performed in accordance with the applied safety standard, either IEC 60065 or IEC 60950-1.

A surge voltage test applied to the power supply port is under consideration.

4.9.2 Equipment required

A surge generator with a pulse shape 1,2/50 μ s according to IEC 61000-4-5 but with an open-circuit voltage of up to 6 kV (peak value).

The connection between the surge generator and the EUT shall be performed using the specific cable delivered by the manufacturer as accessory to the surge generator.

NOTE Further studies are needed.

4.9.3 Connection of equipment

The equipment shall be connected as shown in Figure 17.

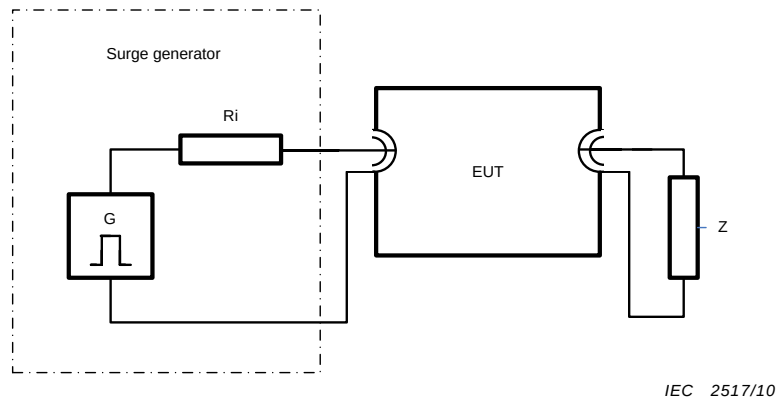


Figure 17 – Measurement set-up for surge immunity test

4.9.4 Measurement procedure

Signal ports that have remote AC powering possibility should be tested with and without remote AC power routing.

Five positive and five negative surge voltage pulses shall be applied to the inner conductor of the relevant coaxial inputs and outputs. The tests are limited to ports where, according to the manufacturer's information, cables of a length >30 m are connected.

NOTE By this limitation to cable lengths >30 m the tests at control and similar outputs should be avoided.

5 Equipment requirements

5.1 General requirements

Where the standard calls for performance figures to be published, these shall be stated, if appropriate, for each input and output port.

Published performance figures shall apply when the methods of measurement given in Clause 4, or equivalent methods are used.

Service and installation instructions should be available.

5.2 Safety

The relevant safety requirements as laid down in IEC 60728-11 shall be met.

5.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

The relevant EMC requirements as laid down in IEC 60728-2 shall be met.

5.4 Frequency range

The frequency range or ranges, over which the equipment is specified, shall be published.

5.5 Impedance and return loss

The nominal impedance shall be

- 75 Ω un-symmetrical or
- 100 Ω symmetrical.

Amplifier return loss requirements are dependent on its position and purpose in the system. All input and output ports of the unit shall meet the specification under all specified conditions of automatic and manual gain and slope controls and with any combination of plug-in equalisers and attenuators fitted.

For amplifier quality grade 1, the return loss shall be category B and for amplifier quality grade 2, the return loss shall be category C.

The performance requirement for each return loss category is given in Table 3.

Table 3 – Return loss requirements for all equipment

Category	Frequency range MHz	Requirement
A	5 to 65 ^a	≥20 dB
	40 to 1 750	≥20 dB – 1,5 dB/octave but ≥14 dB
	1 750 to 3 000	14 dB decreasing linear to 10 dB
B	5 to 65 ^a	≥18 dB
	40 to 1 750	≥18 dB – 1,5 dB/octave but ≥10 dB
	1 750 to 3 000	10 dB decreasing linear to 6 dB
C	5 to 65 ^a	≥14 dB
	40 to 1 750	≥14 dB – 1,5 dB/octave but ≥10 dB
	1 750 to 3 000	10 dB decreasing linear to 6 dB
D	5 to 1 750	≥10 dB
	1 750 to 3 000	10 dB decreasing linear to 6 dB
^a Due to different actual applications the return path will be specified up to 65 MHz while the forward path requirements will start at 40 MHz.		

Manufacturers shall state the return loss category of each amplifier.

NOTE For amplifiers of quality grades other than 1 or 2, manufacturers should specify the minimum return loss ratio using the method of measurement described in 4.2.1 and presented as in Table 3. Some amplifiers may have different return loss ratio categories for different ports.

5.6 Gain

5.6.1 Minimum and maximum gain

The minimum and maximum guaranteed gain of the amplifier, in dB, at the highest specified frequency shall be published.

5.6.2 Gain control

The range, in dB, of any gain control shall be published.

5.6.3 Slope and slope control

The characteristic of any fixed slope, if fitted, and cable characteristic for that slope, shall be published. This shall be in the form of a formula showing the relationship between attenuation, in dB, and frequency, or the particular test cable used for the factory test shall be stated.

The range, in dB, of any variable slope control, relative to the mean value, shall be published.

5.7 Flatness

The flatness of the amplitude frequency response from the input to the output ports shall be published. Slope is assumed to be eliminated either by calculation or by cable.

Narrowband flatness to the output ports shall be within 0,2 dB peak-to-peak/0,5 MHz and 0,5 dB peak-to-peak/7 MHz.

The flatness specification shall be achieved in all specified conditions of automatic and manual gain controls and also with any combination of plug-in equalisers and attenuators specified for the device.

5.8 Test points

Test points shall be 75 Ω or adapted to 75 Ω through a test probe. The return loss shall correspond to that of the quality grade of the amplifier according to Table 3. The attenuation and flatness shall be published.

5.9 Group delay

5.9.1 Chrominance/luminance delay inequality

The worst-case delay inequality, in nanoseconds, between the luminance signal and chrominance sub-carrier (4,43 MHz) within a single PAL/SECAM television channel shall be published. The worst-case channel shall be identified by frequency.

5.9.2 Chrominance/luminance delay inequality for other television standards and modulation systems

These shall be measured over the relevant channel bandwidth and the worst case figure shall be published, if relevant.

5.10 Noise figure

The maximum noise figure over the specified frequency range shall be published.

5.11 Non-linear distortion

5.11.1 General

If the amplifier is designed for sloped operation, measurements shall be carried out with sloped output.

The tests outlined are applicable to various categories of amplifiers as follows:

- a) for wideband amplifiers intended for operation in the range below 1 000 MHz and not used for satellite IF signals: composite triple beat, composite second order and composite crossmodulation;
- b) for amplifiers operating in the range above 950 MHz, usually with satellite IF signals: second order and third order distortion.

5.11.2 Second order distortion

The worst case value shall be published as the output level in dB(μ V), that gives 60 dB signal to distortion ratio, or 35 dB for amplifiers carrying only FM signals in the pass band.

NOTE For some amplifiers (e.g. feedforward), it may not be possible to measure 60 dB signal to distortion ratio. In these cases, the output level for a greater signal to distortion ratio may be stated.

5.11.3 Third order distortion

The worst-case value shall be published as the output level in dB(μ V), that gives 60 dB signal to distortion ratio, or 35 dB for amplifiers carrying only FM signals in the pass band.

NOTE For some amplifiers (e.g. feedforward), it may not be possible to measure 60 dB signal to distortion ratio. In these cases, the output level for a greater signal to distortion ratio may be stated.

5.11.4 Composite triple beat

The worst case value over all channels shall be published as the output level in dB(μ V), that gives 60 dB signal to distortion ratio.

NOTE For some amplifiers (e.g. feedforward), it may not be possible to measure 60 dB signal to distortion ratio. In these cases, the output level for a greater signal to distortion ratio may be stated.

5.11.5 Composite second order

The worst case value over all channels shall be published as the output level in dB(μ V), that gives 60 dB signal to distortion ratio.

NOTE For some amplifiers (e.g. feedforward), it may not be possible to measure 60 dB signal to distortion ratio. In these cases, the output level for a greater signal to distortion ratio may be stated.

5.11.6 Composite crossmodulation

The worst case value over all channels shall be published as the output level in dB(μ V), that gives 60 dB signal to distortion ratio.

Two output level values shall be published. These correspond to the transfer of amplitude modulation only, as measured by amplitude demodulation, and to total modulation transfer as measured on a spectrum analyzer.

NOTE For some amplifiers (e.g. feedforward), it may not be possible to measure 60 dB signal to distortion ratio. In these cases, the output level for a greater signal to distortion ratio may be stated.

5.11.7 Maximum operating level for pure digital channel load

Under consideration.

5.12 Automatic gain and slope control

The pilot frequencies and the dynamic range shall be published. Dynamic range is, in this case, defined as the minimum and maximum input level variations, in dB, which can be compensated for by the amplifier, at the highest and lowest frequencies. Maximum variation in the output level at the highest and lowest frequencies, corresponding to the input level variations for the specified dynamic range and over the specified temperature range, shall be published.

NOTE This may not correspond to the variation at the pilot frequencies if the pilots are not close to the highest and lowest frequencies.

The control time constant of the step response shall be published.

5.13 Hum modulation

The value of the hum modulation shall be published in dB at the worst case of voltage and specified peak-current of the equipment.

5.14 Power supply

The following shall be published:

- input AC_{RMS} voltage and frequency range;
- power consumption to complete amplifier assembly or to each active module;

- for modular amplifiers, the DC current and voltage required for, or given by, each active module;
- the worst-case peak-to-peak ripple voltage, if the supply voltage is available for external use.

5.15 Environmental

5.15.1 General

Manufacturers shall publish relevant environmental information on their products in accordance with the requirements of the publications listed below. This will enable users to judge their suitability with regard to four main requirements: storage, transportation, installation and operation.

5.15.2 Storage (simulated effects of)

IEC 60068-2-48

5.15.3 Transportation

Air freight (combined cold and low pressure)	IEC 60068-2-40
Road transport (bump test)	IEC 60068-2-29
Road transport (shock test)	IEC 60068-2-27

5.15.4 Installation or maintenance

Rough handling shocks	IEC 60068-2-31
Free fall test	IEC 60068-2-32

5.15.5 Operation

IP class. Protection provided by enclosures	IEC 60529
Climatic category of component or equipment for storage and operation	IEC 60068-1
Cold	IEC 60068-2-1
Dry heat	IEC 60068-2-2
Damp heat	IEC 60068-2-30
Change of temperature (test Nb)	IEC 60068-2-14
Vibration (sinusoidal)	IEC 60068-2-6

5.15.6 Energy efficiency of equipment

Under consideration.

5.16 Marking

5.16.1 Marking of equipment

All equipment shall be legibly and durably marked with the manufacturers name and type number.

5.16.2 Marking of ports

It is recommended that symbols in accordance with the series IEC 60417 and IEC 80416 should be used when marking ports.

5.17 Mean operating time between failure (MTBF)

Under consideration.

5.18 Requirements for multi-switches

5.18.1 Control signals for multi-switches

Control signals shall be compliant with the control signals for low-noise block converters as specified in IEC 61319-1 and IEC 61319-2.

5.18.2 Amplitude frequency response flatness

The flatness of the amplitude frequency response from input to output ports, from input to loop through ports and from terrestrial input to output ports shall be according to the requirements for splitters in IEC 60728-4.

5.18.3 Return loss

The return loss on all input, output, loop through and terrestrial input ports shall be according to the requirements for splitters in IEC 60728-4.

5.18.4 Through loss

The through loss from input to output ports, from input to loop through ports and from terrestrial input to output ports shall be published for the appropriate frequency ranges.

5.18.5 Isolation

The isolation between input ports and between loop through ports shall be published.

The isolation between output ports that are switched to the same input port shall be according to the requirements for splitters in IEC 60728-4.

The isolation between output ports that are switched to different input ports shall be published.

NOTE Performance requirements can be derived from system parameters given in IEC 60728-1.

5.18.6 Crosstalk attenuation

At an output the crosstalk attenuation between the selected input and another input shall be measured. The minimum value of all combinations of output ports, input ports and switch positions shall be published. The method of measurement is given in 4.6.

NOTE Performance requirements can be derived from system parameters given in IEC 60728-1.

5.18.7 Satellite IF to terrestrial signal isolation

If the multi-switch includes a coupling function for terrestrial signals, then the minimum value of the attenuation from satellite IF input ports to output ports in the frequency range of the terrestrial signals shall be published.

NOTE Performance requirements can be derived from system parameters given in IEC 60728-1.

5.19 Immunity to surge voltages

5.19.1 Degrees of testing levels

According to the degree of testing levels, published by the manufacturer of the equipment, the amplifier shall withstand surge voltages applied to the inner conductor of the coaxial input and output ports as laid down in Table 4.

Table 4 – Parameters of surge voltages for different degrees of testing levels

Degree of testing level	Pulse shape	Ri	Voltage
1	1,2 / 50 μ s	2 Ω	1 kV
2	1,2 / 50 μ s	2 Ω	4 kV
3	1,2 / 50 μ s	2 Ω	6 kV

After the tests no significant degradation of function (e.g. gain, maximum output level, power consumption, etc.) outside manufacturer's specification shall occur.

5.19.2 Recommendation of testing level degree

The testing level degrees given in Table 5 depend on the application of the equipment and on environmental conditions. The mentioned "Preferred application to different amplifier types" are only given for information.

Table 5 – Recommendations for degree of testing levels

Degree of testing level	Voltage	Preferred application to amplifier type
1	1 kV	For inhouse equipment
2	4 kV	For underground cabling and equipment mounted underground or in strand cabinets
3	6 kV	For exposed equipment

Annex A (informative)

Derivation of non-linear distortion

A.1 General

In a non-linear device, the expression for the output signal will, in general, have an infinity of terms, each generated from one or more of the (assumed sinusoidal) terms in the input, and particularly by the interaction of two or more terms. The transfer function of the device can be expressed as:

$$V_{\text{out}} = a_0 + a_1 V_{\text{in}} + a_2 V_{\text{in}}^2 + a_3 V_{\text{in}}^3 + \dots a_n V_{\text{in}}^n + \dots, \text{ etc.}$$

If the input signal V_{in} has m sinusoidal terms, then this can be expressed as:

$$V_{\text{in}} = V_1 \sin(\omega_1 t + \phi_1) + V_2 \sin(\omega_2 t + \phi_2) + \dots V_m \sin(\omega_m t + \phi_m)$$

The output signal is then a series of terms each of which can be expressed in the general form:

$$C V_i a_n \sin(\omega_i t + \phi_i)$$

where ω_i is the sum or difference of integer positive multiples of one or more of the input frequencies, for example:

$$4\omega_2, 2\omega_1 - \omega_3, 4\omega_1 + \omega_2, 2\omega_1 + \omega_2 + \omega_3.$$

This may be written in a general form as:

$$\omega_i = p_1 \omega_1 \pm p_2 \omega_2 \pm p_3 \omega_3 \pm \dots p_m \omega_m$$

where

ω_i	is the angular frequency $2\pi f_i$;
$p_1, p_2, \dots, p_m$	are positive integers (including 0);
ϕ_i	is the relative phase of the output signals;
a_n	is a coefficient of the transfer function;
V_i	is a term dependent on the product of powers of the amplitudes of the input signals (V_1, V_2 , etc.) where the sum of the powers equals n ;
C	is a numerical multiplier.

It should be noted that terms at the same frequency may arise from several different terms in the transfer function, i.e. for several different values of n .

Each component of the output signal represented by such an expression with $n > 1$ is a non-linear distortion product, where ω_i is an integer multiple of a single term in the input signal, for example $4\omega_2$, the product is regarded as a harmonic distortion product. If it is formed from two or more terms, for example $2\omega_1 - \omega_3$, it is known as an intermodulation distortion product.

Since the values of a_1 , a_2 , a_3 , etc., usually decrease relatively rapidly with increasing values of n , it is found that the predominant non-linear output signals arise from the terms in the transfer function in such a way that the sum $p_1 + p_2 + \dots + p_m = n$, and n is defined as the order of the non-linear distortion product, for example $3\omega_1 - 2\omega_3$ is a fifth order product arising from the term $a_5 V_{in}^5$.

The m input signals represented in the expression are not necessarily distinct signals. Any periodic signal may be represented by a series of sinusoidal terms as in the expression for V_{in} . For the predominant non-linear output signals it is found that:

$$V_i = V_1^{p_1} \cdot V_2^{p_2} \cdot V_3^{p_3} \cdot \dots \cdot V_m^{p_m}$$

so that if the amplitudes of all the input signals are multiplied by a common factor K , the amplitude of the n^{th} order distortion products will be multiplied by K^n (since $p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_m = n$). When the levels of all input signals are raised by 1 dB, the level of any signal n^{th} order distortion product will increase by n dB, and the resultant signal/distortion ratio will decrease by $(n - 1)$ dB. This relationship will be referred to as the "standard level variation" of a distortion product.

If a distortion product is due to components of different order, and/or different order products occur within the bandwidth of the device used to measure the level of distortion products, then the measured level will not follow a standard level variation.

In principle, an infinite number of terms is necessary for a complete description of a non-linear characteristic. However, considering the standard level variation of terms of different order, the relative contribution of higher-order terms increases with the level of input signals. Conversely, if signal levels are low enough, only a few of the lowest order terms will produce significant contributions at the output.

If all input signals are limited to a frequency band of less than one octave, the frequencies of all second-order terms will fall outside the band limits. Signal frequencies can also be allocated in two or more non-contiguous bands in a manner that will place all second-order products outside the bands.

Third-order distortion products, in particular some of the products that occur at frequencies represented by $\omega_1 \pm \omega_2 \pm \omega_3$ cannot be kept out of the band that contains the input signals. The accumulation of third-order distortion products may therefore be a limiting factor in the performance of a wideband multi-channel distribution system.

Annex B
(normative)

Test carriers, levels and intermodulation products

B.1 Two signal tests for second and third order products

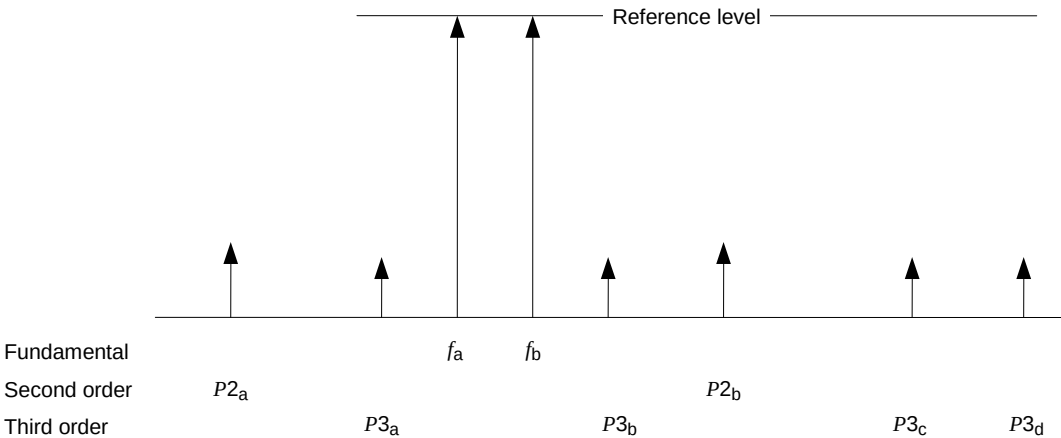
B.1.1 Intermodulation products with test signals at frequencies f_a and f_b

Second order (see NOTE):	$P2_a = f_b - f_a$	
	$P2_b = f_a + f_b$	
Third order:	$P3_a = 2f_a - f_b$	where $2f_a > f_b$
	$P3_a = f_b - 2f_a$	where $2f_a < f_b$
	$P3_b = 2f_b - f_a$	
	$P3_c = 2f_a + f_b$	
	$P3_d = 2f_b + f_a$	

NOTE Not applicable to narrow-band equipment unless the frequency range covered by the equipment is such that $2f_{\min} < f_{\max}$.

B.1.2 Signal levels

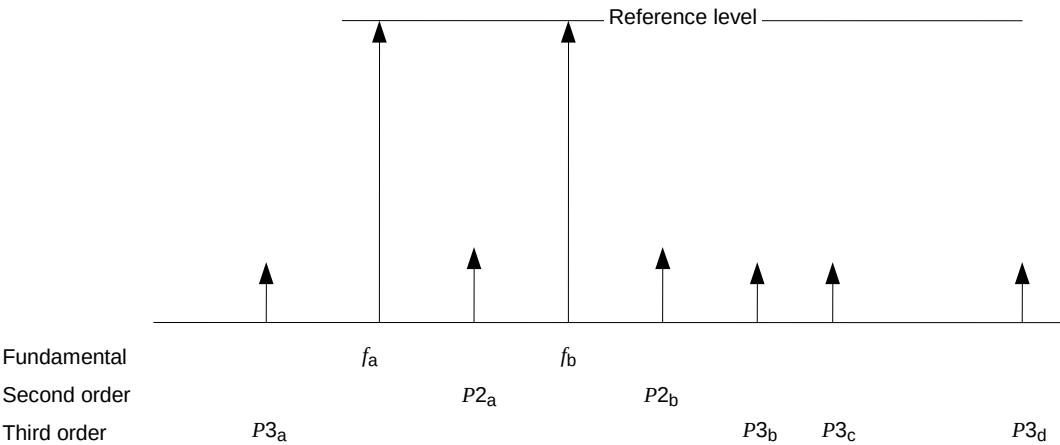
The two test carriers shall be set to the reference level.



IEC 2518/10

NOTE The sequence of the intermodulation products will depend on the fundamental frequencies chosen.

Figure B.1 – An example showing products formed when $2f_a > f_b$



IEC 2519/10

NOTE The sequence of the intermodulation products will depend on the fundamental frequencies chosen.

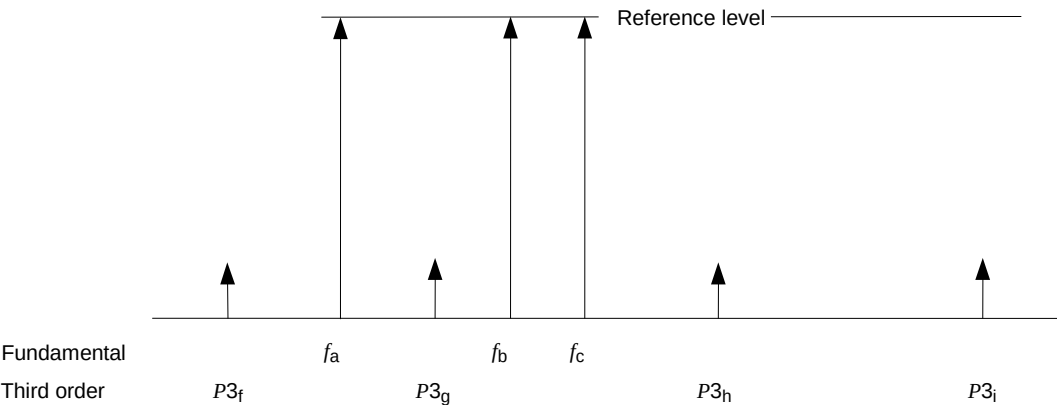
Figure B.2 – An example showing products formed when $2f_a < f_b$

B.2 Three signal tests for third order products

B.2.1 Intermodulation products with test signals at frequencies f_a , f_b and f_c

Third order:	$P3_f = f_a + f_b - f_c$
	$P3_g = f_a + f_c - f_b$
	$P3_h = f_b + f_c - f_a$
	$P3_i = f_a + f_b + f_c$

NOTE Second and third order products due to any two of the test carriers will also be present if they fall within the frequency range of the equipment or system to be tested.



IEC 2520/10

Figure B.3 – Products of the form $f_a \pm f_b \pm f_c$

Annex C (normative)

Checks on test equipment

C.1 Harmonics (and other spurious signals) in generator outputs

Connect the selective voltmeter to one of the signal generators and determine the level of any spurious signals when the fundamental output is set to the level required for the test. If the ratio of fundamental to spurious signals is less than 30 dB, a filter should be inserted to reject the unwanted signals so that this ratio is achieved. All test signal generators shall be checked.

C.2 Intermodulation in the selective voltmeter

Check the accuracy of the amplitude scale of the selective voltmeter using one of the signal generators and the variable attenuator.

Connect the equipment as for measurement of intermodulation and tune the voltmeter to an appropriate product, adjusting the attenuator as necessary to obtain a convenient reading. Check that a small change, say 3 dB, in the attenuator setting produces an equivalent change in the meter reading. If the changes do not correspond, a filter should be inserted at the input to the meter to reduce the level of one or more of the test signals.

C.3 Intermodulation between signal generators

Care should be taken to ensure that the intermodulation measurements are not affected by intermodulation between the signal generators. Check by inserting a 6 dB attenuator between the combiner output and the equipment or system under test and adjusting each generator output by the same amount to restore the original input test levels. If this gives rise to a change in the levels of the measured intermodulation products, then the isolation between the generator outputs should be increased.

Annex E (informative)

Measurement errors which occur due to mismatched equipment

The matching condition is achieved when the error introduced by the mismatch of the equipment facing the EUT and that of the equipment under test (EUT) is acceptable. Examples of maximum errors of measurement results are given in Figure E.1 and Figure E.2.

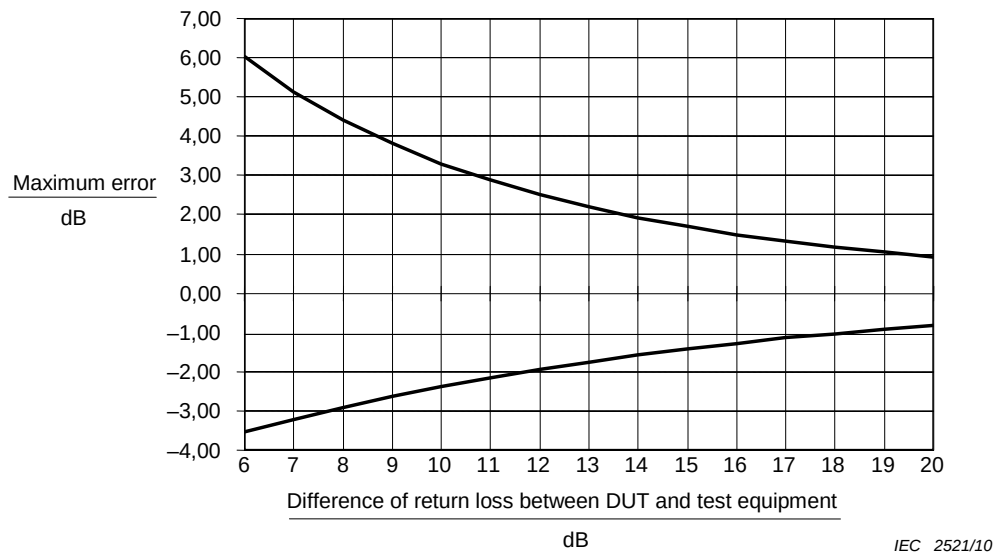


Figure E.1 – Error concerning return loss measurement

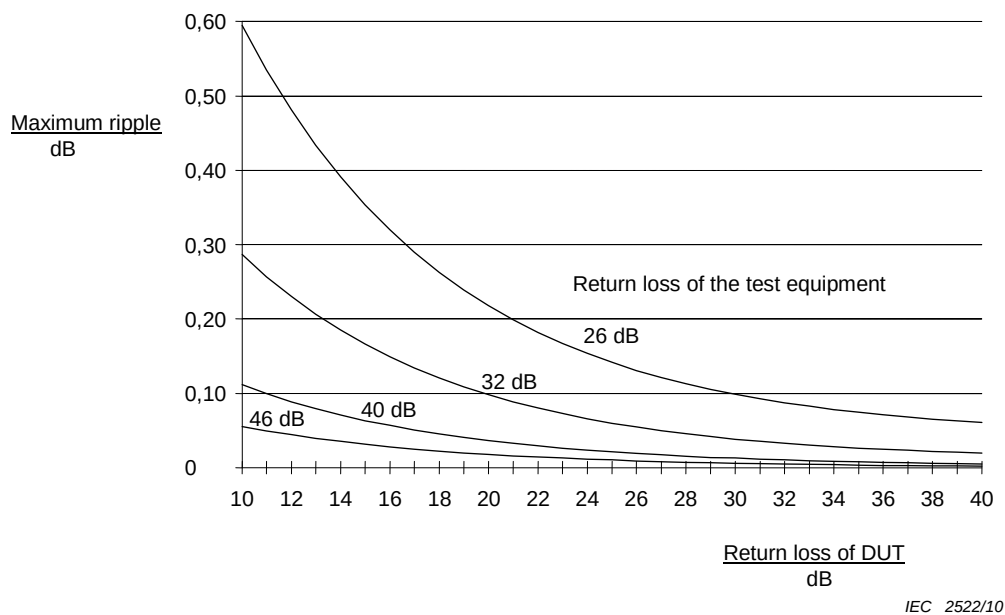


Figure E.2 – Maximum ripple

The return loss of the test equipment should be at least 10 dB better than the expected value of the EUT.

Annex F (informative)

Examples of signals, methods of measurement and network design for return paths

F.1 Frequency spectrum of return path signals

Almost all signals used on return paths are digital. By using more exact wording this means that a digital baseband signal is used to modulate an RF carrier, but it is not possible to see the carrier in the frequency spectrum of the modulated signal. Figure F.1 shows an example. The signal which is shown is a QPSK modulated signal according to the standard ETSI ES 200 800.

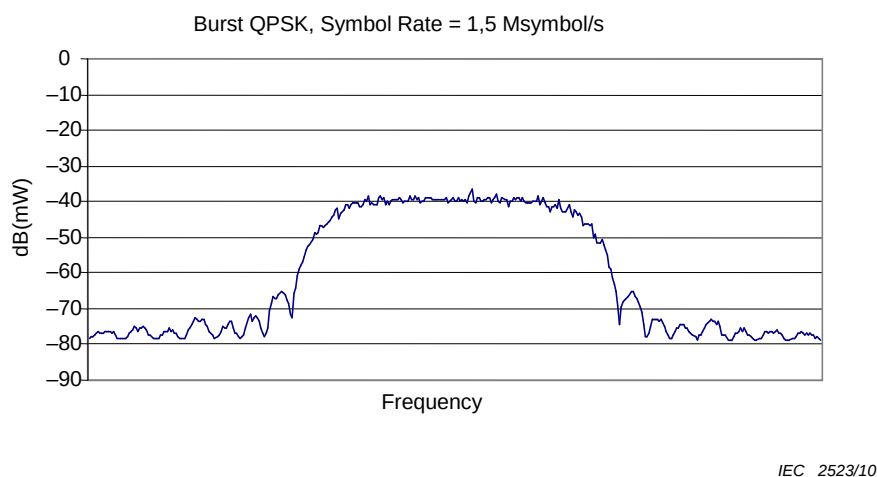


Figure F.1 – Spectrum of a QPSK-modulated signal

F.2 Measurement of signal level

Because there is no clear carrier, the level measurement used for analogue TV channels cannot be used. A suitable new method of measurement for digital return path signal level is presented in IEC 60728-10. Also in IEC 60728-1 a method of measurement for digitally modulated signals is given.

F.3 Measurement of active return path equipment (amplifiers, fibre links)

There is no standardised method of measurement for return path equipment performance. Most of the methods originally intended for forward path equipment can, however, be used also for return path equipment. Non-linear distortion is an exception as shown in Table F.1 and Table F.2.

Table F.1 – Application of methods of measurement in IEC 60728-3 for return path equipment

Subclause	Parameter	Applicable?
4.2.1	Return loss	Yes
4.2.2	Flatness	Yes
4.3.1 to 4.3.6	Non-linear distortion	No
4.3.7	Method of measurement of non-linearity for pure digital channel load (under consideration)	Yes
4.3.8	Hum modulation of carrier	Yes
4.5	Noise figure	Yes

Table F.2 – Application of methods of measurement in IEC 60728-6 for return path equipment

Subclause of IEC 60728-6			Parameter	Applicable?
Edition 3 ^a	Edition 2: 2003	Edition 1: 2001		
4.2	4.2	4.2	Optical power	Yes
4.3	4.3	4.3	Loss, isolation, directivity and coupling ratio	Yes
4.4	4.4	4.4	Return loss	Yes
4.6	4.7	4.7	Optical spectrum	Yes
4.7 ^b	4.8 ^b	4.8	Chirp	Yes
–	–	4.9	$P_{\max}/P_{\min}$ (extinction ratio)	Yes
4.8	4.9	4.10	OMI	Yes
4.9 ^c	4.10 ^c	4.11	Voltage responsivity of an optical receiver	Yes
4.10 ^d	4.11 ^d	4.12	Frequency range and flatness	Yes
4.11	4.12	4.13	CSO	No
4.12	4.13	4.14	CTB	No
4.13	4.14	4.15	CXM	No
4.14	4.15	4.16	Receiver IM	Yes
4.18 ^f	4.19 ^e	4.19	C/N	Yes
–	–	4.22	BER	Yes
4.19 ^g	4.21 ^g	4.23	Influence of dispersion	No
^a To be published. ^b Chirping ^c Reference output level of an optical receiver ^d Slope and flatness ^e Carrier-to-noise ratio ^f Noise figure and optical amplifiers ^g Influence of fibre				

The missing method of measurement for non-linear distortion makes it difficult to compare products from different vendors and to determine optimum signal levels for network equipment in practice.

F.4 Peak-to-RMS ratio

A sinus wave has a 3 dB peak-to-RMS ratio. A digital signal may have a ratio of 15 dB (10^{-6} of the time). This difference causes confusion, because there is a risk of laser clipping and uncontrolled distortion in amplifiers.

As the number of sinus waves increases, the energy distribution of the sinus wave signals approaches the Gaussian noise. For a signal consisting of ten sinus waves (or TV channels) the peak-to-RMS ratio is $U_{\text{peak}}/U_{\text{RMS}} = 13 \text{ dB}$ (10^{-6} of the time). A conclusion is that the non-linearity of return equipment should not be measured with only two or three carriers.

F.5 Proposal for the measurement of non-linearity

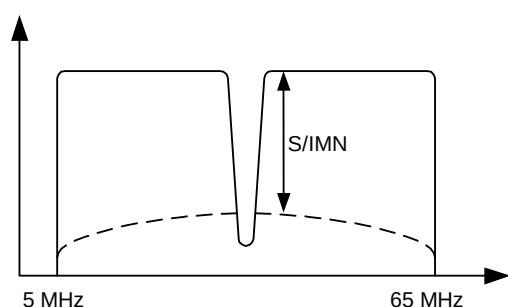
There are two possible methods of measurement for non-linearity of return path equipment. The essential thing is how to load the equipment under the measurement. The first solution is to use carriers, but at least ten carriers should be employed. Another solution is to use wide-band noise.

The advantage in carrier loading is that second and third order beats can be separated. The advantage of the noise excitation is simplicity. The same method is applicable both for amplifiers and fibre links.

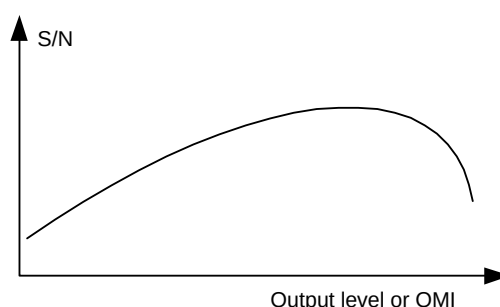
When noise is used to load a EUT, the result of the non-linearity is also noise. If a narrow band of noise is removed before the noise enters the EUT, that particular band can be used to read the level of distortion.

Figure F.2a shows the idea of the loading with noise. A part of the noise is removed by using a notch filter. A broken line shows an example of the intermodulation noise. Figure F.2b shows a typical test result. As the output level of an amplifier or OMI of a laser transmitter is increased, the S/N (measured at the notch frequency) is first improved. The measured noise in this part of the curve is thermal noise. Later, as the level is further increased the S/N starts to decrease. The reason for that is intermodulation noise.

S/IMN = Signal-to-Intermodulation Noise ratio.



IEC 2524/10



IEC 2525/10

NOTE A narrow gap is needed for the actual measurement.

Figure F.2a – Loading with digital channels can be simulated with wideband noise

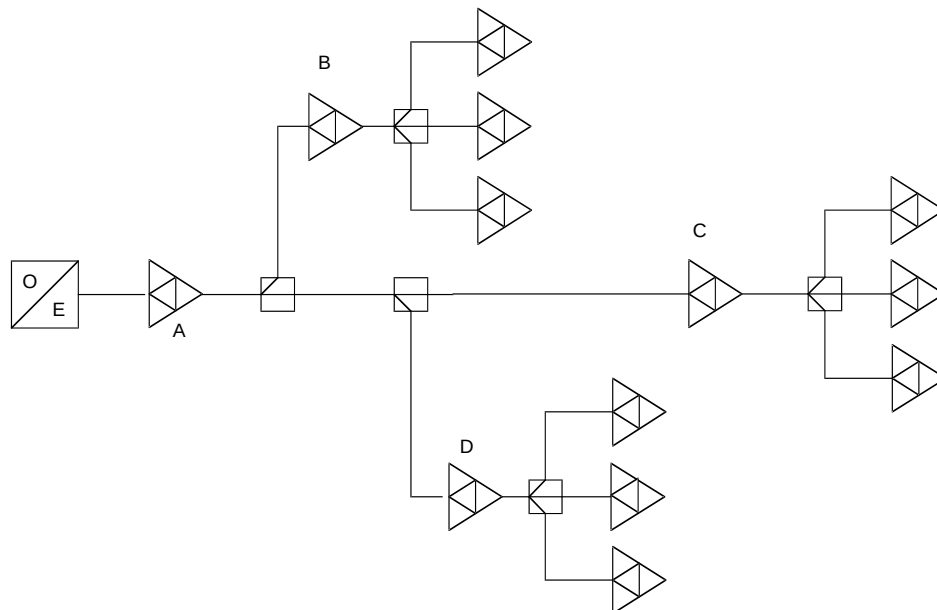
Figure F.2b – Non-linearity decreases the S/N at high levels

Figure F.2 – Measurement of non-linearity using wideband noise

F.6 Network design, example

F.6.1 General

The following example shows, how easy it is to design a return path, when equipment is specified by using noise loading. In Figure F.3 is a simple network, which consists of a fibre receiver and four trunk amplifiers (A, B, C and D). The trunk amplifiers are launching signal to three distribution amplifiers each. The intention is to design an optimal return path for this network.



IEC 2526/10

Figure F.3 – Network used in the design example

F.6.2 Distribution network

The signal level in a network, limited by EMC requirements, is for example 114 dB(μ V). The standard ETSI ES 200 800 specifies, that the output level of return transmitters is 85...113 dB(μ V). Attenuation in the passive distribution network may vary a lot, but a realistic value could be 20...43 dB.

The highest subscriber terminal output level and the highest possible passive network loss give the minimum input level to the distribution amplifier ($113 - 43$) dB(μ V) = 70 dB(μ V). The output level of the terminals is adjusted according to their position in the network. Less loss means less output level. The chosen occupied bandwidth for return signals shall be 35 MHz (within the return path frequency band from 5 MHz to 65 MHz).

F.6.3 Amplifiers

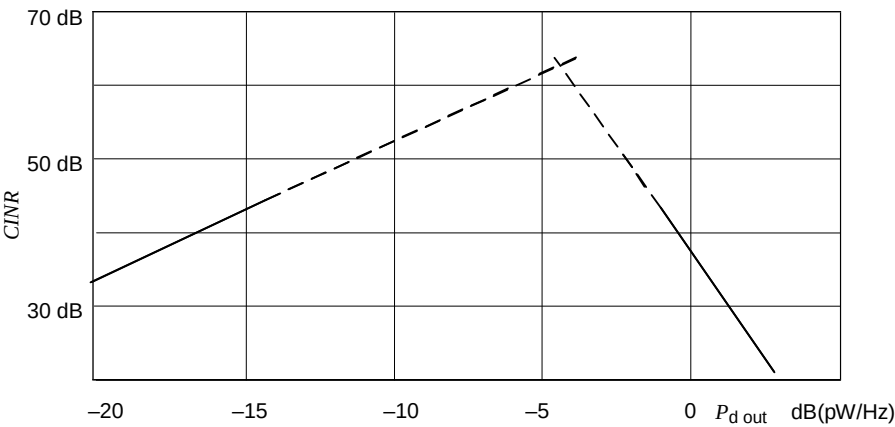
Equal return signal levels are assumed at each return amplifier input. Let us assume, that a $G_{MAX} = 20$ dB return amplifier is needed in each amplifier to compensate the loss between amplifiers. The optimum input signal levels should be found.

Figure F.4 shows a test result of a 20 dB return amplifier. The notch filter was only 50 dB deep. That is why a solid line is drawn up to $CINR = 45$ dB. The broken lines show only the trend. The highest $CINR$ is less than shown, because the two noise signals are combined. But this detail is not important for the specification (as seen later in this example). Only the trends are needed in the equipment specifications and a 50 dB notch is deep enough. The power density can be calculated (see 4.8.4) with the formula

$$P_d = P - 10 \lg 35 \cdot 10^6 \quad \text{dB(pW/Hz)}$$

where

P is the power in dB(pW);
 $35 \cdot 10^6$ is the bandwidth B_w in Hz.



IEC 2527/10

NOTE The solid lines show measured values; the broken lines are extrapolated.

Figure F.4 – A test result measured from a real 20 dB return amplifier

Figure F.4, which shows the behaviour of one amplifier, shall be modified to show the situation in the network. The modification is made in three steps:

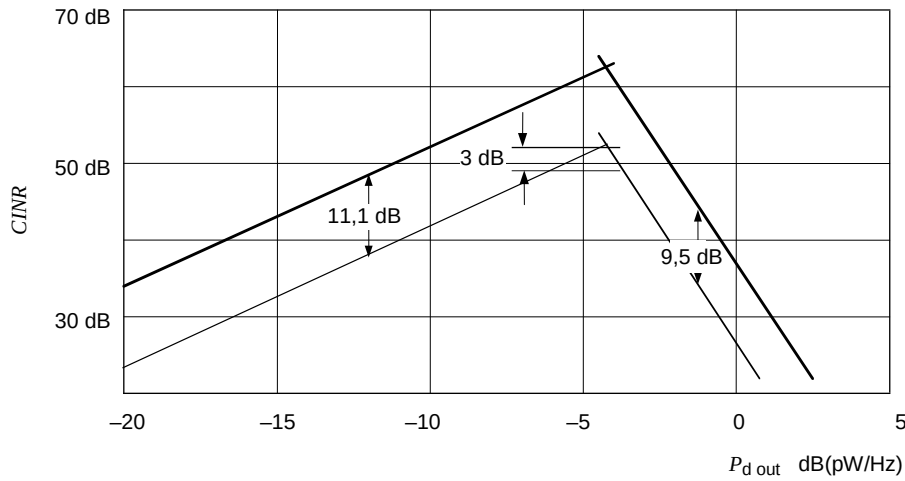
The part of the curve, which has an upward trend, represents Gaussian noise. The noise of N amplifiers is combined on power basis ($10 \lg$). Not only the amplifiers in cascade are contributing, but all amplifiers, which are connected to the fibre transmitter. In this case the whole number of amplifiers connected to the fibre transmitter is 13 (see Figure F.3) and the correction is

$$10 \cdot \lg N = 10 \cdot \lg 13 = 11,1 \text{ dB.}$$

The downward pointing line shows intermodulation noise, which is combined on voltage basis ($20 \lg$). All the amplifiers are not fully loaded in practice. Let us assume that the worst case is when all amplifiers in the longest cascade are fully loaded. In the example, the number of cascaded amplifiers fully loaded is 3 (see Figure F.3) and therefore the downward pointing line is lowered by

$$20 \cdot \lg N = 20 \cdot \lg 3 = 9,5 \text{ dB.}$$

In the highest part, the two types of noise are combined. A good approximation is a horizontal line 3 dB below the junction point.



IEC 2528/10

Figure F.5 – The *CINR* curve of one amplifier is modified to represent the *CINR* of the whole coaxial section of the network

The modified curve in Figure F.5 shows the *CINR* in the whole coaxial section of the network. The optimum output level is 90 ... 92 dB(μ V), corresponding to a power P of 72,25 dB(pW); the bandwidth B_w is 35 MHz (75,44 dB(Hz $^{-1}$); therefore the power density can be calculated:

$$P_d = 72,25 \text{ dB(pW)} - 75,44 \text{ dB(Hz}^{-1}) = -3,19 \text{ dB(pW/Hz)}.$$

This is well in line with the selected input level of the distribution amplifiers and the selected

$$G_{\text{MAX}} = 20 \text{ dB}.$$

The *CINR* value of the coaxial network is 49 dB.

If constant power density is used, *CINR* = 49 dB is valid for all signals.

The power for a 1,544 MHz wide signal is

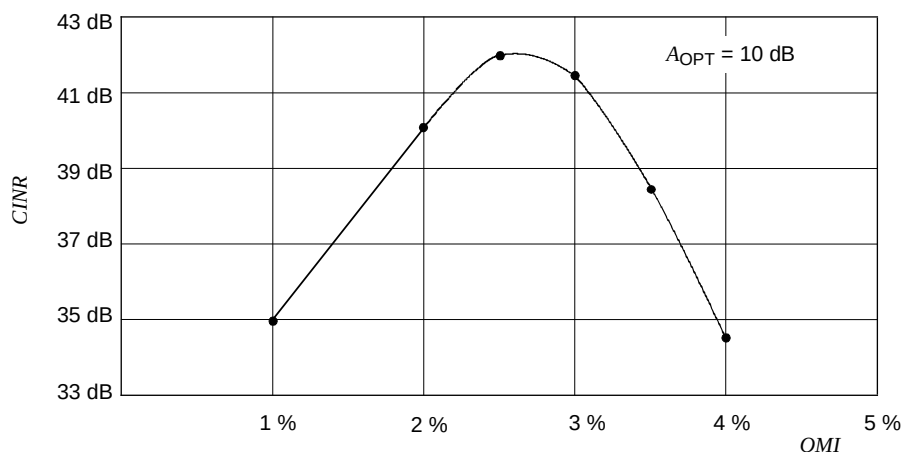
$$-3,19 \text{ dB(pW/Hz)} + 10 \lg 1,544 \cdot 10^6 = 58,7 \text{ dB(pW)}.$$

The level at 75 Ω is 77,45 dB(μ V).

F.6.4 Return fibre link

Also the fibre transmitter should preferably have a 70 dB(μ V) input level. Network design is needed to find the Optimum Modulation Index (OMI) for the optical transmitter.

If a *CINR* = f (OMI)-curve is available, the optimum OMI can be seen directly from the curve. Also the *CINR* of the fibre link can be read from the curve. As an example Figure F.6 shows such a *CINR* specification. *CINR* is measured for a 1,544 MHz wide signal. As *CINR* values are much lower than for the amplifier above, no guessing was needed. Note, that the curve depends also on the input level to the optical receiver. If optical attenuation A_{OPT} is changed, the curve needs modification. We can directly read: for 10 dB optical attenuation the optimum OMI is 2,5 %, the *CINR* of the optical link is 42 dB.



IEC 2529/10

Figure F.6 – The $CINR$ of an optical link as a function of OMI , example

F.6.5 Combining the coaxial to the fibre section

The two $CINR$ values are combined by using the well-known formula:

$$CINR_{\text{tot}} = -10 \cdot \lg \left\{ 10^{-(CINR)_1/10} + 10^{-(CINR)_2/10} \right\}$$

Example: $(CINR)_1 = 49 \text{ dB}$
 $(CINR)_2 = 42 \text{ dB}$
 $(CINR)_{\text{tot}} = 41,2 \text{ dB}$

F.7 Remarks

In a real network there are other signals, ingress and impulse noise, which load the return path equipment. Also distortion products caused by the forward signals may add equipment loading. Ingress noise correction factors, etc. may be used.

Another correction factor may be found in the following way:

Replace a portion of the noise with a real channel. Measure the BER for different signal levels. The optimum value may differ from the one, which was found by maximising the $CINR$. In such cases an additional correction may be used.

Bibliography

IEC 60050-723:1997, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 723: Broadcasting: Sound, television, data*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60728-9, *Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 9: Interfaces of cabled distribution systems for digitally modulated signals*

IEC 60728-6:2001, *Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 6: Optical equipment (withdrawn)*

IEC 60728-6:2003, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment*

IEC 60728-6:–, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment*²

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

IEC 61169-2, *Radio-frequency connectors – Part 2: Sectional specification – Radio-frequency coaxial connectors of type 9,52*

IEC 61169-24, *Radio frequency connectors – Part 24: Sectional specification – Radio frequency coaxial connectors with screw coupling, typically for use in 75 Ω cable distribution systems (Type F)*

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

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

ETSI ETS 300 158, *Satellite Earth Stations and Systems (SES) – Television Receive Only (TVRO-FSS) Satellite Earth Stations operating in the 11/12 GHz FSS bands*

ETSI ETS 300 249, *Satellite Earth Stations and Systems (SES) – Television Receive Only (TVRO) equipment used in the Broadcasting Satellite Service (BSS)*

² To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	70
INTRODUCTION.....	72
1 Domaine d'application	73
2 Références normatives.....	73
3 Termes, définitions, symboles et abréviations.....	75
3.1 Termes et définitions	75
3.2 Symboles	79
3.3 Abréviations	80
4 Méthodes de mesure	81
4.1 Généralités.....	81
4.2 Distorsion linéaire	82
4.2.1 Affaiblissement de réflexion.....	82
4.2.2 Platitude	84
4.2.3 Retard chrominance/luminance pour PAL/SECAM seulement	84
4.3 Distorsion non linéaire.....	84
4.3.1 Généralités.....	84
4.3.2 Types de mesures	84
4.3.3 Intermodulation.....	85
4.3.4 Battement triple composite	87
4.3.5 Battement composite d'ordre deux.....	90
4.3.6 Transmodulation composite	91
4.3.7 Méthode de mesure de la non-linéarité pour une charge ne comportant que des porteuses en modulation numérique.....	94
4.3.8 Modulation de ronflement de la porteuse (hum modulation)	94
4.4 Réponse à un échelon de commande automatique de gain et de pente	98
4.4.1 Définitions	98
4.4.2 Matériel nécessaire	99
4.4.3 Raccordement du matériel.....	99
4.4.4 Mode opératoire de la mesure	99
4.5 Facteur de bruit.....	100
4.5.1 Généralités.....	100
4.5.2 Matériel nécessaire	100
4.5.3 Raccordement du matériel.....	100
4.5.4 Mode opératoire de la mesure	101
4.6 Atténuation de diaphonie.....	101
4.6.1 Atténuation de diaphonie pour les sorties transparentes	101
4.6.2 Atténuation de diaphonie pour les accès de sortie	102
4.7 Niveau du signal pour les signaux modulés en numérique	103
4.8 Mesure du rapport de bruit d'intermodulation composite (<i>CINR</i>).....	104
4.8.1 Généralités.....	104
4.8.2 Matériel nécessaire	104
4.8.3 Raccordement du matériel.....	105
4.8.4 Mode opératoire de la mesure	105
4.8.5 Présentation des résultats	106
4.9 Immunité aux surtensions.....	107
4.9.1 Généralités.....	107

4.9.2	Matériel nécessaire	108
4.9.3	Raccordement du matériel	108
4.9.4	Mode opératoire de la mesure	108
5	Exigences relatives au matériel	108
5.1	Exigences générales	108
5.2	Sécurité	109
5.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	109
5.4	Gamme de fréquences	109
5.5	Impédance et affaiblissement de réflexion	109
5.6	Gain	110
5.6.1	Gain minimal et maximal	110
5.6.2	Commande de gain	110
5.6.3	Pente et commande de pente	110
5.7	Platitudes	110
5.8	Points d'essai	110
5.9	Retard de groupe	110
5.9.1	Retard chrominance-luminance	110
5.9.2	Retard chrominance/luminance pour les autres normes et systèmes de modulation de télévision	111
5.10	Facteur de bruit	111
5.11	Distorsion non linéaire	111
5.11.1	Généralités	111
5.11.2	Distorsion d'ordre deux	111
5.11.3	Distorsion d'ordre trois	111
5.11.4	Battement triple composite	111
5.11.5	Battements composites d'ordre deux	111
5.11.6	Transmodulation composite	112
5.11.7	Niveau d'utilisation maximal pour une charge de porteuses numériques modulées	112
5.12	Commande automatique de gain et de pente	112
5.13	Modulation de ronflement	112
5.14	Alimentation	112
5.15	Environnement	112
5.15.1	Généralités	112
5.15.2	Stockage (effets simulés du)	113
5.15.3	Transport	113
5.15.4	Installation ou maintenance	113
5.15.5	Exploitation	113
5.15.6	Rendement énergétique du matériel	113
5.16	Marquage	113
5.16.1	Marquage du matériel	113
5.16.2	Marquage des accès	113
5.17	Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF)	113
5.18	Exigences pour les commutateurs multiples	113
5.18.1	Signaux de commande pour les commutateurs multiples	113
5.18.2	Platitudes de la réponse amplitude-fréquence	114
5.18.3	Affaiblissement de réflexion (<i>return loss</i>)	114
5.18.4	Perte de passage ou d'insertion (<i>through loss</i>)	114
5.18.5	Isolation	114

5.18.6 Atténuation de diaphonie	114
5.18.7 Isolation entre les signaux à fréquence intermédiaire satellite et les signaux terrestres	114
5.19 Immunité aux surtensions	114
5.19.1 Degrés des niveaux d'essai	114
5.19.2 Recommandation concernant quant au degré du niveau d'essai	115
Annexe A (informative) Détermination de la distorsion non linéaire	116
Annexe B (normative) Porteuses d'essai, niveaux et produits d'intermodulation	118
Annexe C (normative) Contrôles du matériel d'essai	120
Annexe D (informative) Plan des fréquences d'essai pour la mesure du battement triple composite (CTB, composite triple beat), du battement composite d'ordre deux (CSO, composite second order) et de la transmodulation (XM)	121
Annexe E (informative) Erreurs de mesures apparaissant en raison d'un matériel désadapté	123
Annexe F (informative) Exemples de signaux, de méthodes de mesure et de conception du réseau pour voies de retour	124
Bibliographie	132

Figure 1 – Erreur maximale a de la mesure de l'affaiblissement de réflexion faite avec un pont de mesure du taux d'ondes stationnaires en tension de directivité $D = 46$ dB et d'affaiblissement de réflexion de l'accès d'essai de 26 dB	83
Figure 2 – Mesure de l'affaiblissement de réflexion	83
Figure 3 – Agencement du matériel de mesure pour l'évaluation du rapport signal à produits d'intermodulation	86
Figure 4 – Raccordement du matériel de mesure pour la mesure de la distorsion non linéaire par la mesure du battement composite	89
Figure 5 – Raccordement du matériel de mesure pour la mesure de la transmodulation composite	93
Figure 6 – Rapport porteuse/ronflement	95
Figure 7 – Montage d'essai pour des objets alimentés localement	96
Figure 8 – Montage d'essai pour les objets alimentés à distance	96
Figure 9 – Affichage sur l'oscilloscope	97
Figure 10 – Constante de temps T_c	99
Figure 11 – Mesure de la réponse de la CAG à un échelon	99
Figure 12 – Mesure du facteur de bruit	101
Figure 13 – Mesure de l'atténuation de diaphonie pour les sorties transparentes d'un commutateur multiple	103
Figure 14 – Caractéristique du filtre de bruit	105
Figure 15 – Montage d'essai pour la mesure de la non-linéarité	105
Figure 16 – Présentation du résultat du CINR	107
Figure 17 – Montage de mesure pour l'essai d'immunité aux chocs	108
Figure B.1 – Exemple montrant les produits formés lorsque $2f_a > f_b$	118
Figure B.2 – Exemple montrant les produits formés lorsque $2f_a < f_b$	119
Figure B.3 – Produits de la forme $f_a \pm f_b \pm f_c$	119
Figure E.1 – Erreur concernant la mesure de l'affaiblissement de réflexion	123
Figure E.2 – Ondulation maximale	123
Figure F.1 – Spectre d'un signal modulé MDPQ	124

Figure F.2 – Mesure de la non-linéarité en utilisant du bruit à large bande.....	127
Figure F.3 – Réseau utilisé dans l'exemple de conception	127
Figure F.4 – Résultat d'essai mesuré sur un amplificateur de retour réel de 20 dB.....	128
Figure F.5 – La courbe <i>CINR</i> d'un amplificateur est modifiée pour représenter le <i>CINR</i> de toute la section coaxiale du réseau	129
Figure F.6 – Le <i>CINR</i> d'une liaison optique est une fonction de l' <i>OMI</i> , exemple	130
Tableau 1 – Facteurs de correction lorsque la modulation utilisée est différente de 100 %	91
Tableau 2 – Fréquences du filtre réjecteur de bande.....	104
Tableau 3 – Exigences d'affaiblissement de réflexion pour tous les matériels	109
Tableau 4 – Paramètres des surtensions pour différents degrés de niveaux d'essai.....	115
Tableau 5 – Recommandations quant au degré des niveaux d'essai	115
Tableau D.1 – Plan de fréquences	121
Tableau F.1 – Application des méthodes de mesure de la CEI 60728-3 pour le matériel de voie de retour.....	125
Tableau F.2 – Application des méthodes de mesure de la CEI 60728-6 pour le matériel de voie de retour.....	125

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 3: Matériel actif à large bande pour réseaux de distribution par câbles

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 60728-3 a été établie par le domaine technique 5: Cable networks for television signals, sound signals and interactive services (en anglais seulement), du comité d'études 100 de la CEI: Systèmes et appareils audio, vidéo et multimédia.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2005, dont elle constitue une révision technique.

La présente édition contient les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente:

- extension de la limite supérieure de la gamme de fréquences pour les matériels de réseaux de distribution par câbles de 862 MHz à 1 000 MHz;

- méthode de mesure et exigences pour l'immunité aux tensions de choc;
- extension du domaine d'application aux matériels à accès symétriques;
- références normatives supplémentaires;
- termes, définitions et abréviations supplémentaires.

La présente version bilingue, publiée en 2011-07, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 100/1746/FDIS et 100/1766/RVD.

Le rapport de vote 100/1766/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60728, présentée 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.

IMPORTANT – Le logo « *colour inside* » qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Il convient donc que les utilisateurs impriment cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les normes de la série CEI 60728 traitent des réseaux de distribution par câbles, y compris les appareils et méthodes de mesure associées pour la réception en tête de réseau, le traitement et la distribution des signaux de télévision, des signaux de radiodiffusion sonore et de leurs signaux de données associés et pour le traitement, l'interfaçage et la transmission de tous sortes de signaux pour services interactifs en utilisant tout support de transmission approprié.

Elle comprend

- les réseaux de CATV¹ ("Systèmes d'antenne pour une communauté" maintenant couramment appelés "réseaux câblés");
- les réseaux d'antennes collectives pour la réception terrestre, et d'antennes collectives pour la réception par satellite;
- les réseaux pour la réception individuelle;

et tous types de matériels, systèmes et installations utilisés dans de tels réseaux.

Pour un matériel actif avec accès à paires symétriques pour signaux radiofréquence, la présente norme s'applique aux accès qui transportent des signaux radiofréquence large bande pour des services tels que décrits dans le domaine d'application de la présente norme.

La présente norme couvre les éléments qui vont 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.

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

¹ Ce terme englobe les réseaux hybrides à fibres optiques et câble coaxial (HFC) utilisés aujourd'hui pour fournir des services de télécommunications, vocaux, de données, audio et vidéo tant en diffusion à tous (*broadcast*) qu'en diffusion ciblée (*narrowcast*).

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

Partie 3: Matériel actif à large bande pour réseaux de distribution par câbles

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60728 présente les méthodes de mesure, les exigences de performance et les exigences de publication des données caractéristiques des matériels actifs à large bande des réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs.

La présente norme

- s'applique à tous les amplificateurs à large bande utilisés dans les réseaux de distribution par câbles;
- couvre la gamme de fréquences de 5 MHz à 3 000 MHz;

NOTE La limite supérieure de 3 000 MHz est un exemple et non une valeur stricte. Il convient de publier la ou les gammes de fréquence pour lesquelles le matériel est spécifié.

- s'applique aux matériels unidirectionnels et bidirectionnels;
- présente les méthodes de base de mesure des caractéristiques fonctionnelles du matériel actif permettant d'évaluer la performance de ces matériels;
- identifie les spécifications de performance devant être publiées par les fabricants;
- énonce les exigences de performance minimales pour certains paramètres.

Les amplificateurs sont divisés en deux niveaux de qualité comme suit:

Niveau 1: amplificateurs en principe prévus pour être montés en cascade;

Niveau 2: amplificateurs en principe destinés à être utilisés à l'intérieur d'un immeuble d'appartements ou dans une simple résidence pour alimenter quelques prises.

L'expérience pratique a montré que ces types satisfont à la plupart des exigences techniques nécessaires pour fournir aux abonnés une qualité de signal minimale. Cette classification n'est pas une exigence mais est fournie aux utilisateurs et aux fabricants, pour les informer des critères minimaux de qualité du matériel requis pour différentes tailles de réseaux. L'opérateur du système doit sélectionner le matériel approprié pour avoir au moins la qualité exigée de signal à la prise d'abonné et pour optimiser coût et performance, en tenant compte de la taille du réseau et des circonstances locales.

Toutes les exigences et les données publiées se comprennent comme des valeurs garanties dans la gamme de fréquences spécifiée et pour des accès «bien adaptés».

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60065, *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité*

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essais A: Froid*

CEI 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

CEI 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et Guide: Chocs*

CEI 60068-2-29, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-29: Essais – Essai Eb et guide: Secousses*

CEI 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai dB: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

CEI 60068-2-32, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-32: Essais – Essai Ed: Chute libre*

CEI 60068-2-40, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-40: Essais – Essai Z/AM: Essais combinés froid/basse pression atmosphérique*

CEI 60068-2-48, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique Deuxième partie: Essais – Guide sur l'utilisation des essais de la Publication 68 de la CEI pour simuler les effets de stockage*

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

CEI 60728-1, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 1: System performance of forward paths* (disponible en anglais seulement)

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

CEI 60728-4, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 4: Passive wideband equipment for coaxial cable networks* (disponible en anglais seulement)

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

CEI 60728-11, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 11: Safety* (disponible en anglais seulement)

CEI 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61319-1, *Interconnexions des équipements de réception satellite – Partie 1: Europe*

CEI 61319-2, *Interconnexions des équipements de réception satellite – Partie 2: Japon*

Recommandation UIT-T G.117, *Systèmes et supports de transmission – Caractéristiques générales des connexions téléphoniques internationales et des circuits téléphoniques internationaux – Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission*

Recommandation UIT-T O.9, *Spécifications des appareils de mesure – Montages pour la mesure du degré de dissymétrie par rapport à la terre*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

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

3.1 Termes et définitions

3.1.1

réponse amplitude-fréquence

gain ou affaiblissement d'un matériel ou d'un système tracé en fonction de la fréquence

3.1.2

affaiblissement

rapport entre la puissance d'entrée et la puissance de sortie d'un matériel ou d'un système, exprimé habituellement en décibels

3.1.3

symétriseur (balun)

dispositif destiné à adapter une impédance symétrique 100 Ω (équilibrée) à une impédance asymétrique 75 Ω (non équilibrée) et inversement

3.1.4

rapport porteuse sur bruit

différence en décibels entre le niveau de la porteuse image ou de la porteuse son en un point donné d'un matériel ou d'un système et le niveau de bruit en ce point (mesuré avec une largeur de bande appropriée au système de télévision ou de radio utilisé)

3.1.5

retard chrominance-luminance

différence de temps de transit des signaux de luminance et de chrominance, se traduisant par un débordement de la coloration d'une image à droite ou à gauche de la plage de luminance correspondante

[CEI 60050-723:1997, 723-06-61]

3.1.6

bruit d'intermodulation composite

CIN

somme du bruit et des produits d'intermodulation des signaux en modulation numérique

3.1.7

rapport de bruit d'intermodulation composite

CINR

rapport entre le niveau du signal et le niveau de CIN

3.1.8

transmodulation

modulation indésirable de la porteuse d'un signal désiré due à la modulation par un autre signal produite par les non-linéarités d'un matériel ou d'un système

3.1.9**atténuation de diaphonie**

signaux indésirables s'ajoutant au signal désiré sur un conducteur, produits par un couplage électromagnétique entre conducteurs; rapport entre la puissance du signal désiré et la puissance du signal indésirable, en appliquant des puissances de signaux égales aux conducteurs

NOTE L'atténuation de diaphonie est habituellement exprimée en décibels.

3.1.10**rapport en décibels**

dix fois le logarithme du rapport entre deux valeurs de puissance P_1 et P_2 , c'est-à-dire

$$10 \lg \frac{P_1}{P_2} \quad \text{en dB}$$

3.1.11**égaliseur**

dispositif conçu pour compenser sur une certaine gamme de fréquences la distorsion amplitude/fréquence ou la distorsion phase/fréquence introduite par les lignes ou le matériel

NOTE Ce dispositif n'est destiné à compenser que les distorsions linéaires.

3.1.12**ligne**

support de transmission faisant partie d'un réseau de distribution par câbles

NOTE Un tel chemin peut être constitué d'un câble métallique, d'une fibre optique, d'un guide d'onde ou d'une quelconque de leurs combinaisons. Par extension, le terme s'applique également à des chemins contenant une ou plusieurs liaisons radio.

3.1.13**gain**

rapport entre la puissance de sortie et la puissance d'entrée, exprimé habituellement en décibels

3.1.14**bruit thermique idéal**

bruit généré dans un composant résistif, et dû à l'agitation thermique des électrons

NOTE La puissance thermique générée est donnée par

$$P = 4 \cdot B \cdot k \cdot T$$

où

P est la puissance de bruit en watts;

B est la largeur de bande en hertz;

k est la constante de Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K;

T est la température absolue en Kelvins.

Il s'ensuit que

$$\frac{U^2}{R} = 4 \cdot B \cdot k \cdot T$$

et

$$U = \sqrt{4 \cdot R \cdot B \cdot k \cdot T}$$

où

U est la tension de bruit (force électromotrice);

R est la résistance en ohms.

Il est normal dans la pratique que la source soit chargée par une impédance égale à la valeur de sa résistance interne; la tension de bruit à l'entrée de la charge est alors égale à $U/2$.

3.1.15

niveau

rapport en décibels entre une puissance quelconque P_1 et la puissance de référence étalon, P_0 , c'est-à-dire

$$10 \lg \frac{P_1}{P_0}$$

rapport en décibels entre une tension quelconque U_1 et la tension de référence étalon, U_0 , c'est-à-dire

$$20 \lg \frac{U_1}{U_0}$$

NOTE Le niveau de puissance peut s'exprimer en décibels par rapport à $P_0 = (U_0^2/R) = (1/75) \text{ pW}$, c'est-à-dire, en $\text{dB}(P_0)$, le niveau de P_0 correspondant à $0 \text{ dB}(P_0)$ ou, cas plus fréquent, en $\text{dB}(\text{pW})$, le niveau de P_0 correspondant à $-18,75 \text{ dB}(\text{pW})$. Le niveau de la tension est exprimé en décibels par rapport à $1 \text{ } \mu\text{V}$ (sur $75 \text{ } \Omega$), c'est-à-dire, en $\text{dB}(\mu\text{V})$.

3.1.16

rapport d'erreur de modulation

MER

somme des carrés des amplitudes des vecteurs de symboles idéaux divisée par la somme des carrés des amplitudes des vecteurs d'erreur de symboles d'une séquence de symboles, le résultat étant exprimé par un rapport de puissance en décibels

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

3.1.17

commutateur multiple

matériel utilisé dans les systèmes de distribution pour des signaux reçus de satellites et transposés à une fréquence intermédiaire convenable

NOTE Les signaux en fréquence intermédiaire venant de polarisations différentes, de bandes de fréquences différentes et de positions orbitales différentes sont les signaux d'entrée de ce commutateur multiple. Les lignes d'abonnés sont raccordées aux accès de sortie du commutateur multiple. Chaque accès de sortie est commuté sur l'un des accès d'entrée, en fonction des signaux de commande émis par le matériel de l'abonné vers le commutateur multiple. Un commutateur multiple peut contenir, outre un diviseur de puissance à chaque accès d'entrée et un commutateur à chaque accès de sortie, des amplificateurs pour compenser les pertes des matériels de distribution ou des câbles.

3.1.18

sortie transparente d'un commutateur multiple (loop through ports)

une ou plusieurs sorties d'un commutateur multiple répétant les signaux d'entrée

NOTE Cela permet la réalisation de réseaux de plus grande taille avec plusieurs commutateurs multiples, installés chacun près d'un groupe d'abonnés. Les commutateurs multiples sont connectés en cascade les uns aux autres. Les signaux en fréquence intermédiaire reçus par une unité extérieure avec des polarisations, des bandes de fréquences et des positions orbitales différentes sont les signaux d'entrée d'un premier commutateur multiple.

Des câbles relient les sorties transparentes de ce commutateur multiple aux accès d'entrée d'un deuxième commutateur multiple, et ainsi de suite.

3.1.19

accès de commutateur multiple pour signaux terrestres

accès d'un commutateur multiple, utilisé pour distribuer des signaux de terre en plus des signaux reçus des satellites

3.1.20

facteur de bruit

utilisé comme facteur de mérite décrivant le bruit produit à l'intérieur d'un dispositif actif

NOTE Le facteur de bruit, F , est le rapport entre le rapport porteuse sur bruit à l'entrée et le rapport porteuse sur bruit à la sortie d'un dispositif actif.

$$F = \frac{C_1/N_1}{C_2/N_2}$$

où

C_1 est la puissance du signal à l'entrée;

C_2 est la puissance du signal à la sortie;

N_1 est la puissance du bruit à l'entrée (bruit thermique idéal);

N_2 est la puissance du signal à la sortie.

En d'autres termes, le facteur de bruit est le rapport entre la puissance de bruit à la sortie d'un dispositif actif et la puissance de bruit au même point si le dispositif était idéal et sans bruit ajouté.

$$F = \frac{N_{2\text{actual}}}{N_{2\text{ideal}}}$$

Le facteur de bruit est une grandeur sans dimension et il est souvent exprimé sous forme de facteur de bruit, NF , en décibels

$$NF = 10 \lg F \quad \text{en dB}$$

3.1.21

pente

différence des gains ou des affaiblissements à deux fréquences spécifiées, entre deux points quelconques d'un matériel ou d'un système

NOTE Le signe de la pente est considéré comme

- a) négatif lorsque l'affaiblissement augmente avec la fréquence (câbles) ou lorsque le gain (amplificateurs) diminue avec la fréquence,
- b) positif lorsque le gain (amplificateurs) augmente avec la fréquence (pente de compensation).

3.1.22

puissance et tension de référence étalon

dans les réseaux de distribution par câbles, la puissance de référence étalon, P_0 , est égale à (1/75) pW

NOTE 1 Il s'agit de la puissance dissipée dans une résistance de 75Ω avec une chute de tension efficace de $1 \mu\text{V}$ à ses bornes.

NOTE 2 La tension de référence étalon, U_0 , est égale à $1 \mu\text{V}$.

3.1.23

surtension (surge voltage)

produite par un foudroiement direct ou indirect

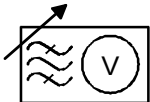
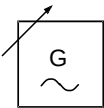
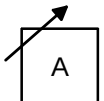
3.1.24**bien adapté**

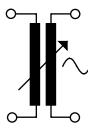
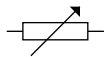
condition d'adaptation (d'impédance) dans laquelle l'affaiblissement en réflexion du matériel satisfait aux exigences du Tableau 3

NOTE Des désadaptations des instruments de mesure ou de l'objet mesuré peuvent produire des erreurs. Des commentaires sur l'estimation de ces erreurs sont donnés en Annexe E.

3.2 Symboles

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

Symboles	Termes	Symboles	Termes
	Ampèremètre selon [CEI 60617-S00910 (2001-07)]		Voltmètre selon [CEI 60617-S00910 (2001-07)]
	Voltmètre sélectif		Wattmètre selon [CEI 60617-S00910 (2001-07)]
	Matériel à l'essai selon [CEI 60617-S00059 (2001-07)]		Générateur de signal selon [CEI 60617-S00899, CEI 60617-S01403 (2001-07)]
	Générateur de bruit [CEI 60617-S01230 (2001-07)]		Générateur de signal variable selon [CEI 60617-S00081, CEI 60617-S00899, CEI 60617-S01403 (2001-09)]
	Générateur surtension [CEI 60617-S01228 (2001-07)]		Pont de mesure du taux d'ondes stationnaires
	Filtre passe haut [CEI 60617-S01247 (2001-07)]		Filtre passe-bas [CEI 60617-S01248 (2001-07)]
	Filtre coupe bande [CEI 60617-S01250 (2001-07)]		Filtre passe bande [CEI 60617-S01249 (2001-07)]
	Oscilloscope selon [CEI 60617-S00059, et CEI 60617-S00922 (2001-07)]		Analyseur de spectre (électrique) selon [CEI 60617-S00910 (2001-07)]
	Atténuateur selon [CEI 60617-S01244 (2001-07)]		Atténuateur variable [CEI 60617-S01245 (2001-07)]

Symboles	Termes	Symboles	Termes
	Combineur selon [CEI 60617-S00059 (2001-07)]		Boîte de dérivation
	Boîte de dérivation double		Récepteur optique [CEI 60617-S00213 (2001-07)]
	Amplificateur avec amplificateur de voie de retour [CEI 60617-S00433 (2001-07)]		Détecteur avec amplificateur BF
	Lien fonctionnel exponentiel [CEI 60617-S01410 (2001-11)]		Source de tension alternative réglable
	Résistance variable [CEI 60617-S00557 (2001-07)]		Condensateur [CEI 60617-S00567 (2001-07)]
	Bobine de blocage radiofréquence [CEI 60617-S00583 (2001-07)]		

3.3 Abréviations

CA	courant alternatif
AF	fréquence acoustique (en anglais <i>audio frequency</i>)
CAG	commande automatique de gain
AM	modulation d'amplitude (en anglais <i>amplitude modulation</i>)
BER	taux d'erreur sur les bits (en anglais <i>bit error ratio</i>)
CATV	antenne communautaire (système) (en anglais <i>community antenna television</i>) ou réseau câblé
CIN	bruit d'intermodulation composite (en anglais <i>composite intermodulation noise</i>)
CINR	rapport de bruit d'intermodulation composite
CSO	composite d'ordre deux (en anglais <i>composite second order</i>)
CTB	battement triple composite (en anglais <i>composite triple beat</i>)
CW	émission à ondes entretenues (en anglais <i>continuous wave</i>)
CXM	transmodulation composite
CC	courant continu
CEM	compatibilité électromagnétique
EUT	matériel en essai (en anglais <i>equipment under test</i>)
HP	passé haut (en anglais <i>high pass</i>)
FI	fréquence intermédiaire
IP	Protection internationale (en anglais <i>international protection</i>)
LF	basse fréquence (en anglais <i>low frequency</i>)

LP	passe-bas (en anglais <i>low pass</i>)
MATV	antenne collective (système) (en anglais <i>master antenna television</i>)
MER	rapport d'erreur de modulation (en anglais <i>modulation error ratio</i>)
MTBF	moyenne des temps de bon fonctionnement (temps moyen entre pannes, en anglais <i>mean time between failures</i>)
OMI	indice de modulation optimale (en anglais <i>optimum modulation index</i>)
PAL	à alternance de phase ligne à ligne (ou inversion de la phase de la porteuse couleur une ligne sur deux (en anglais <i>phase alternating line</i>))
PID	identifiant de paquet (en anglais <i>packet identifier</i>)
PRBS	séquence de bits pseudo-aléatoire (en anglais <i>pseudo-random bit sequence</i>)
QAM	modulation d'amplitude en quadrature (en anglais <i>quadrature amplitude modulation</i>)
QPSK	modulation par déplacement de phase en quadrature
RF	radiofréquence
RMS	valeur efficace (en anglais <i>root mean square</i>)
RS	commutateur rotatif (en anglais <i>rotary switch</i>)
SECAM	séquentiel couleur à mémoire
SG	générateur de signal (en anglais <i>signal generator</i>)
SMATV	antenne collective avec réception de satellites (système) (en anglais <i>satellite master antenna television</i>)
TV	télévision
UHF	ultra haute fréquence
VHF	très haute fréquence (en anglais <i>very-high frequency</i>)
VSWR	rapport d'ondes stationnaires en tension (en anglais <i>voltage standing wave ratio</i>) ou TOS en français
XM	transmodulation (en anglais <i>crossmodulation</i>)

4 Méthodes de mesure

4.1 Généralités

Cet article définit les méthodes de mesure "basiques". Toute méthode équivalente garantissant la même précision peut servir à évaluer la performance.

Sauf indication contraire, toutes les mesures doivent être effectuées avec des atténuateurs et des égaliseurs enfichables de 0 dB. La position des commandes variables utilisées pendant les mesures doit être publiée.

Le montage d'essai doit être bien adapté sur la bande de fréquences spécifiée.

Un réseau peut être utilisé pour distribuer des signaux de terre en plus des signaux reçus de satellites. Les antennes terrestres sont connectées à l'accès facultatif « entrée terrestre » d'un commutateur multiple. Ces signaux terrestres sont disponibles sur chaque accès de sortie, en plus des signaux à fréquence intermédiaire satellite. Puisque les plages de fréquences habituelles pour des signaux terrestres et des signaux à fréquence intermédiaire satellite ne se recouvrent pas, les deux peuvent être transportées sur le même câble.

Pour les réseaux de grande ampleur avec des commutateurs multiples mis en cascade à travers les sorties transparentes, il y a deux possibilités pour transporter les signaux terrestres d'un commutateur multiple à un autre commutateur multiple:

- utiliser un câble spécialisé pour le signal terrestre en plus des câbles utilisés pour les signaux à fréquence intermédiaire satellite puis, sur chaque accès de sortie, le signal terrestre est combiné avec le signal à fréquence intermédiaire satellite sélectionné;
- combiner le signal terrestre avec chacun des signaux à fréquence intermédiaire satellite avant le premier commutateur multiple de la chaîne pour minimiser le nombre de câbles entre les commutateurs multiples.

NOTE Le signal provenant d'une unité extérieure de réception de satellite peut contenir des composantes de signal indésirables, de fréquence inférieure à la bande de fréquences prévue pour la fréquence intermédiaire satellite. Ces composantes se retrouvent dans la bande de fréquences des signaux terrestres. Par exemple, une unité extérieure qui transpose en fréquence intermédiaire satellite la bande de 11,7 GHz à 12,75 GHz peut convertir des signaux de la bande 10,7 GHz à 11,7 GHz à des fréquences en dessous de la bande intermédiaire satellite. Ces fréquences sont à éliminer par filtrage, suffisamment pour éviter toute interférence avec les signaux terrestres présents sur le même câble.

Pour mesurer des commutateurs multiples, il est nécessaire d'appliquer des signaux de commande aux accès de sortie utilisés pour la mesure. Un té de polarisation doit donc être connecté entre l'accès de sortie du commutateur multiple et le montage de mesure. L'accès courant continu du té de polarisation est raccordé à un récepteur standard qui génère les signaux de commande requis. Il faut veiller à ce que l'influence du té de polarisation sur le résultat de la mesure soit insignifiante. Cela peut être obtenu en l'incluant dans l'étalonnage ou en utilisant un analyseur de réseau avec un té de polarisation incorporé.

Les mesures sur du matériel actif avec des accès symétriques doivent être effectuées en utilisant un symétriseur (balun) de mesure. La symétrie (suppression du mode commun) du signal de sortie d'un tel symétriseur de mesure doit être supérieure à 30 dB de 100 MHz à 1 000 MHz et supérieure à 50 dB de 30 MHz à 100 MHz. La suppression du mode commun doit être mesurée conformément à l'UIT-T Rec. G. 117 et à l'UIT-T Rec. O. 9. L'affaiblissement de réflexion du symétriseur de mesure doit être supérieur de 10 dB à l'affaiblissement de réflexion du matériel en essai auquel le matériel de mesure est raccordé par l'intermédiaire du symétriseur de mesure.

4.2 Distorsion linéaire

4.2.1 Affaiblissement de réflexion

4.2.1.1 Généralités

La méthode décrite est applicable à la mesure de l'affaiblissement de réflexion d'un matériel fonctionnant dans la gamme de fréquences de 5 MHz à 3 000 MHz.

Tous les accès d'entrée et de sortie de l'unité doivent satisfaire à la spécification dans toutes les conditions de commandes automatique et manuelle de gain et avec toute combinaison d'égaliseurs et d'atténuateurs enfichables installés.

4.2.1.2 Matériel nécessaire

Le matériel suivant est nécessaire.

- a) Un générateur de signal ou un générateur à balayage réglable sur la gamme de fréquences du matériel à soumettre à essai.

On doit vérifier que la sortie du générateur de signal ou du générateur à balayage n'a pas de résidu harmonique important, car cela peut provoquer de grosses erreurs de mesure.

- b) Un pont de mesure du taux d'ondes stationnaires en tension avec détecteur radiofréquence incorporé ou séparé.

La précision de la mesure dépend de la qualité du pont, en particulier de la directivité et de l'affaiblissement de réflexion de l'accès d'essai du pont. La Figure 1 représente par exemple la précision maximale atteinte avec un pont de directivité 46 dB et un affaiblissement de réflexion de 26 dB.

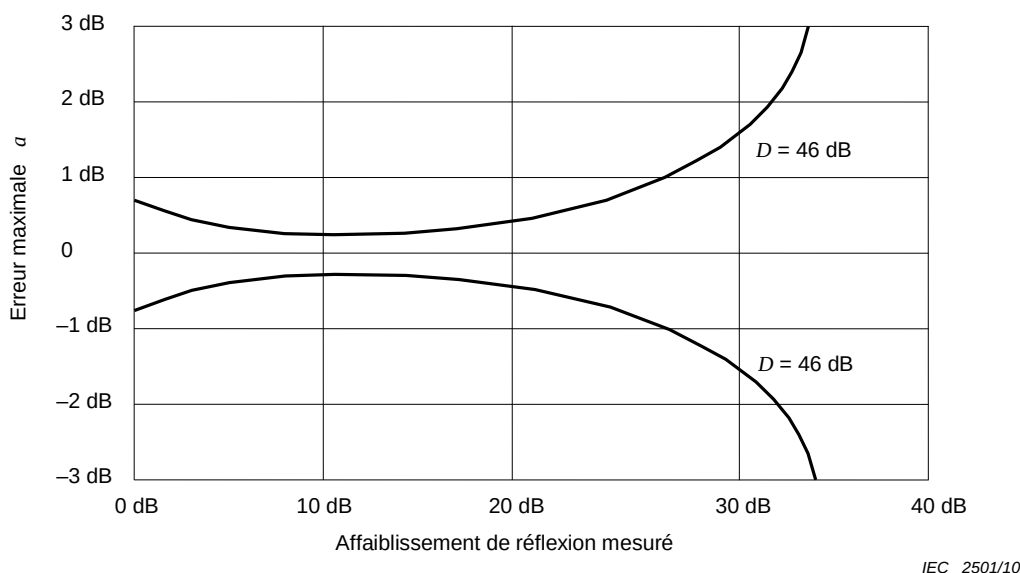


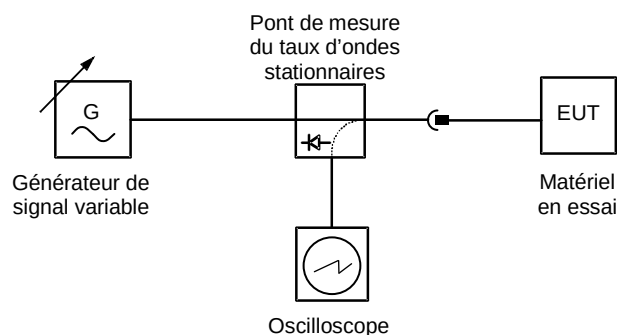
Figure 1 – Erreur maximale α de la mesure de l'affaiblissement de réflexion faite avec un pont de mesure du taux d'ondes stationnaires en tension de directivité $D = 46$ dB et d'affaiblissement de réflexion de l'accès d'essai de 26 dB

- c) Un oscilloscope.
- d) Des désadaptations étalonnées.

NOTE Le générateur de signal et l'oscilloscope peuvent être remplacés par un analyseur de spectre et un générateur avec poursuite (tracking generator) ou par un analyseur de réseau, directement connectés au matériel en essai.

4.2.1.3 Raccordement du matériel

Le matériel doit être raccordé comme indiqué à la Figure 2.



IEC 2502/10

Figure 2 – Mesure de l'affaiblissement de réflexion

4.2.1.4 Mode opératoire de la mesure

Tous les accès d'entrée et de sortie coaxiaux autres que ceux soumis à essai doivent être chargés par 75 Ω .

Vérifier qu'il n'y a aucune tension d'alimentation sur l'accès mesuré, car cela pourrait endommager le pont. Si un dispositif de découplage d'alimentation en courant alternatif et continu est nécessaire, utiliser un dispositif avec un bon affaiblissement de réflexion (10 dB de plus que ce qui est exigé).

On ne doit utiliser que des connecteurs, des adaptateurs et des câbles calibrés de bonne qualité.

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- a) connecter le matériel comme montré à la Figure 2;
- b) régler le niveau de sortie du générateur de signal de façon que le matériel en essai ne soit pas surchargé;
- c) utiliser des désadaptations étalonnées pour étalonner l'affichage sur l'oscilloscope;
- d) connecter le matériel en essai comme indiqué à la Figure 2 et vérifier l'affaiblissement de réflexion sur la gamme de fréquences spécifiée.

4.2.2 Platitude

Les méthodes de mesures correspondantes sont bien connues et une description complète du mode opératoire n'est pas nécessaire.

La mesure est couramment réalisée avec un analyseur de réseau scalaire ou vectoriel d'impédance 75Ω . On doit veiller à ce que tous les matériels utilisés (connecteurs, adaptateurs, câble, etc.) soient bien adaptés en impédance.

4.2.3 Retard chrominance/luminance pour PAL/SECAM seulement

La méthode de mesure par impulsions 20T est utilisée comme décrit dans la CEI 60728-5.

4.3 Distorsion non linéaire

4.3.1 Généralités

Dans un dispositif non linéaire, l'expression du signal de sortie se présente en général comme somme d'une infinité de termes, chacun produit par un ou plusieurs des termes (supposés sinusoïdaux) du signal d'entrée, en particulier par interaction de deux termes ou plus. Une présentation détaillée se trouve à l'Annexe A.

Une méthode de mesure de la non-linéarité pour une charge faite seulement de porteuses en modulation numérique est à l'étude.

4.3.2 Types de mesures

Sont décrites les mesures associées aux phénomènes suivants:

- intermodulation entre deux ou trois signaux monofréquence;
- battements composites produits par un certain nombre de signaux monofréquence;
- transmodulation composite entre un certain nombre de signaux monofréquence.

Une spécification convenable doit inclure au moins les détails suivants:

- a) l'effet particulier qui est mesuré;
- b) le rapport signal sur distorsion requis.

Le résultat de la mesure doit être présenté comme le niveau maximal de signal en sortie du matériel permettant, dans le cas le plus défavorable, de satisfaire à l'exigence en rapport signal à distorsion. Si le niveau de sortie varie avec la fréquence, on doit le préciser.

Cet effet doit être défini comme étant d'un ordre particulier (par exemple «intermodulation d'ordre trois»).

4.3.3 Intermodulation

4.3.3.1 Généralités

Les méthodes décrites à deux porteuses égales et à trois porteuses égales s'appliquent à la mesure du rapport d'une porteuse sur un produit d'intermodulation, en un point spécifié du réseau de distribution par câbles. Ces méthodes sont aussi utilisables pour évaluer les propriétés en intermodulation des matériels pris un par un.

NOTE 1 Il convient de souligner que l'utilisation simultanée d'un grand nombre de canaux espacés du même intervalle de fréquence a pour conséquence qu'un grand nombre de produits d'intermodulation (en particulier d'ordre trois) retombent près de la porteuse image des canaux de télévision.

Dans de tels cas, l'interférence résultante est d'une nature extrêmement complexe et un autre mode opératoire de mesure sera nécessaire. Celui-ci est présenté en 4.3.4 et 4.3.5.

Des exemples de produits d'intermodulation d'ordre deux et d'ordre trois sont donnés à l'Annexe B.

On ne rencontre de produits d'ordre deux que dans les matériels et les systèmes à large bande, couvrant plus d'une octave, et ils doivent être mesurés en utilisant deux signaux (voir Article B.1).

On rencontre des produits d'ordre trois dans le matériel et les systèmes à large bande et à bande étroite et ils doivent être mesurés en utilisant trois signaux (voir Article B.2).

NOTE 2 Si la méthode de mesure à porteuses inégales, telle que décrite dans la CEI 60728-5, est utilisée, il faut que le niveau de sortie correspondant au rapport signal à distorsion spécifié soit diminué de 6 dB pour redonner le résultat correct qui aurait été obtenu avec la méthode à porteuses égales ici décrite.

4.3.3.2 Matériel nécessaire

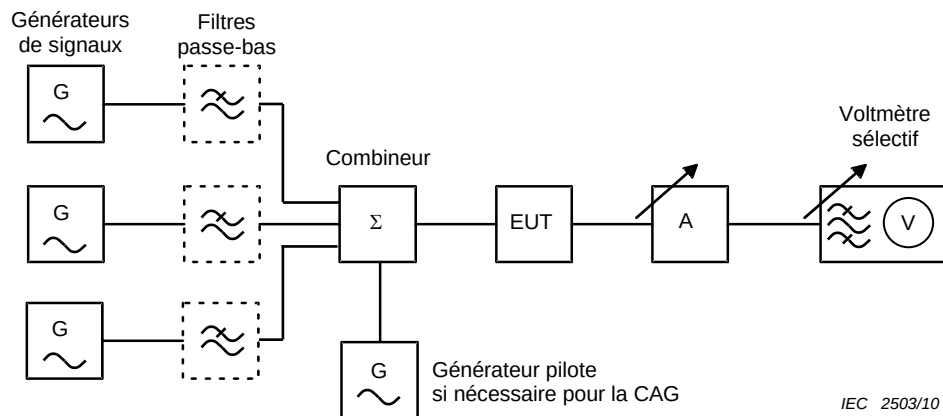
Le matériel suivant est nécessaire.

- a) Un voltmètre sélectif couvrant la gamme de fréquences du matériel ou du système à essayer. Celui-ci peut être un analyseur de spectre.
- b) Le nombre approprié de générateurs de signaux couvrant les fréquences auxquelles les essais doivent être effectués.
- c) Un atténuateur variable avec une plage plus grande que le rapport signal sur intermodulation attendu, si cet atténuateur n'est pas intégré dans le voltmètre décrit en 4.3.3.2 a).
- d) Un combineur sera requis pour les essais sur le matériel et les systèmes avec une seule entrée (Figure 3).

NOTE Des éléments supplémentaires peuvent être nécessaires, par exemple pour garantir que les mesures ne sont pas affectées par les signaux parasites générés dans le matériel d'essai lui-même (Annexe C).

4.3.3.3 Raccordement du matériel

Le matériel doit être raccordé comme indiqué à la Figure 3.



NOTE 1 L'exigence relative aux éléments du matériel d'essai indiqué par des lignes en pointillés dépend des résultats des vérifications mentionnées à l'Annexe C. Les filtres situés aux sorties des générateurs de signal peuvent être nécessaires pour supprimer des signaux parasites. Le filtre d'entrée du voltmètre sélectif peut être requis pour éviter une intermodulation dans l'appareil de mesure. Si un filtre est utilisé, pour éviter une désadaptation possible, il est recommandé d'avoir un atténuateur d'au moins 10 dB.

NOTE 2 Pour éviter une intermodulation entre les générateurs de signaux, il peut être nécessaire que le combineur soit fait d'un ou plusieurs coupleurs directs (voir Annexe C).

Figure 3 – Agencement du matériel de mesure pour l'évaluation du rapport signal à produits d'intermodulation

4.3.3.4 Mode opératoire de la mesure

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes.

a) Généralités

Sauf indication contraire, les niveaux de sortie de référence utilisés dans les mesures doivent être les niveaux de sorties nominaux pour le matériel. On doit mentionner si les niveaux de sortie de signal sont ou non constants sur la gamme de fréquences. Si les niveaux de sortie spécifiés ne sont pas constants sur la gamme de fréquence, les niveaux de sortie de tous les signaux d'essai doivent être mentionnés dans les résultats.

On doit effectuer des mesures des produits d'ordre deux et des mesures des produits d'ordre trois avec des signaux d'essai largement espacés et aussi avec des signaux d'essai regroupés, ce sur chaque bande présentant de l'intérêt. Les signaux d'essai seront à des fréquences capables de produire des produits de battements significatifs retombant dans la gamme de fréquences de l'appareil mesuré.

Lorsque le matériel à mesurer comporte une commande automatique de gain, les essais doivent être effectués aux niveaux nominaux d'entrée du signal.

b) Étalonnage et vérifications

Une vérification doit être faite pour voir si des harmoniques et d'autres signaux parasites en sortie des générateurs de signaux risquent vraiment d'affecter les résultats des mesures (voir Annexe C).

Le voltmètre sélectif doit être étalonné et son bon état de fonctionnement contrôlé (voir Annexe C).

Les intermodulations entre les générateurs de signaux doivent aussi être vérifiées aux niveaux de sortie à utiliser pour les essais (voir Annexe C).

c) Mesure

Régler les générateurs de signaux, en mode « ondes entretenues » (sinusoïdales), aux fréquences des signaux d'essai (voir 4.3.3.4 a) et Annexe B) et régler leurs sorties et celles des différents points du système jusqu'au point de mesure, de façon à avoir les niveaux nominaux spécifiés pour le système, tout au long de la chaîne.

Connecter l'atténuateur variable, le voltmètre sélectif et les autres éléments si nécessaire (voir Annexe C) à la sortie du matériel en essai. Syntoniser l'appareil de mesure sur chaque signal d'essai et noter la valeur d'atténuation requise a_1 pour obtenir une indication appropriée de l'appareil de mesure R pour le signal de référence. Il convient que la valeur de l'atténuation a_1 soit légèrement plus grande que le rapport signal sur intermodulation prévu au point de mesure.

Syntoniser l'appareil de mesure sur le produit d'intermodulation à mesurer et diminuer le réglage de l'atténuateur variable jusqu'à la valeur requise a_2 pour obtenir la même indication de l'appareil de mesure R .

NOTE Lors de la mesure des niveaux de produits d'intermodulation, il peut être nécessaire d'introduire un filtre à l'entrée de l'appareil de mesure (voir Annexe C). Dans ce cas, la perte d'insertion (en dB) du filtre à la fréquence des produits doit être ajoutée à la valeur de l'atténuation.

Le rapport signal sur produit d'intermodulation en décibels est donné par

$$S/I = a_1 - a_2$$

où

a_1 est la valeur de l'atténuateur pour le signal d'essai utilisé comme référence, en dB;

A_2 est la valeur de l'atténuateur pour le produit d'intermodulation, en dB.

4.3.4 Battement triple composite

4.3.4.1 Généralités

La méthode de mesure du battement triple composite avec des signaux en ondes entretenues est applicable à la mesure du rapport entre la porteuse et le battement triple composite en un point spécifié dans un réseau de distribution par câbles. La méthode peut également être utilisée pour déterminer la performance d'intermodulation du battement triple composite des matériels pris individuellement.

Lorsque les signaux d'entrée sont espacés à des intervalles réguliers (comme cela est courant dans la plupart des plans de fréquence pour canaux de télévision), les divers produits de distorsion tendent à se rassembler en groupes à proximité des (porteuses des) canaux de télévision. Le nombre de produits différents dans chaque groupe augmente rapidement avec le nombre de canaux et ils se combinent de différentes manières, selon le degré de cohérence entre les signaux générés et les phases relatives des différents produits de distorsion.

La méthode décrite dans ce paragraphe mesure la distorsion non linéaire d'un dispositif ou d'un système par l'effet composite de tous les battements retombant à moins de ± 15 kHz de la porteuse image d'un canal de télévision. Pendant la mesure, la porteuse image de ce canal doit être coupée, de façon que le battement triple composite mesuré soit celui qui est généré par toutes les porteuses à l'exception de celle du canal mesuré.

Cette méthode est utilisée pour vérifier le respect de spécifications de la forme:

« Le rapport des battements triples composites pour les groupes de porteuses dans les canaux (A) à (B) dB(μ V) est de (C) dB. »

où

- (A) désigne le canal dans lequel l'essai est effectué. S'il est omis, la spécification est comprise comme une spécification minimale pour les mesures dans tous les canaux spécifiés par la liste de porteuses;
- (B) est le niveau de référence auquel il convient de régler toutes les porteuses pendant la mesure, sauf indication contraire. Si toutes les porteuses ne sont pas au même niveau, il convient que la spécification indique clairement le niveau de chaque porteuse par rapport au niveau de référence;
- (C) est le rapport des battements triples composites, fourni généralement sous forme d'une spécification minimale.

En raison de la grande diversité des plans de fréquence utilisés dans le monde et du besoin de comparer facilement les spécifications des matériels de différents fabricants, il convient d'effectuer la mesure avec les porteuses énumérées à l'Annexe D (toutes les porteuses sont dans une trame au pas de 8 MHz à l'exception du cas particulier du 48,25 MHz).

Les fréquences des porteuses image sont agencées en groupes et seuls des groupes complets doivent être utilisés, sauf comme indiqué ci-dessous. Si un amplificateur est spécifié jusqu'à 450 MHz, le groupe A doit être utilisé. S'il est spécifié jusqu'à 550 MHz, les groupes A et B doivent être utilisés. S'il est spécifié jusqu'à 862 MHz, l'ensemble des groupes A, B, C, D et E doivent être utilisés.

Si un amplificateur est spécifié jusqu'à 1 000 MHz, il convient d'utiliser la méthode de mesure pour une charge faite de porteuses en modulation numérique. Cette méthode de mesure est actuellement à l'étude.

On peut également utiliser seulement une partie du groupe A, selon la largeur de bande nominale du matériel à l'essai. Les fréquences éliminées doivent être indiquées. Si l'on n'utilise pas la porteuse à 48,25 MHz lorsque la voie descendante démarre à 85 MHz, les résultats des mesures doivent être publiés en incluant une note « sans la Bande I ». Si le matériel peut fonctionner à toutes les fréquences du groupe A, ce résultat doit être mentionné en même temps que celui obtenu lorsque seule une partie du groupe A est utilisée.

Pour toutes les bandes passantes, la performance doit être mesurée et indiquée pour le nombre maximal possible de groupes complets. Le fabricant peut de plus indiquer la performance pour un plus grand nombre de porteuses. Les fréquences éliminées doivent être indiquées.

4.3.4.2 Matériel nécessaire

Le matériel suivant est nécessaire:

- a) un analyseur de spectre d'une largeur de bande en fréquence intermédiaire de 30 kHz et d'une capacité de largeur de bande vidéo de 10 Hz;

NOTE Si l'on utilise un analyseur de spectre avec une capacité minimale de filtrage vidéo supérieure à 10 Hz, la distorsion composite d'ordre trois peut être affectée de bruit et il convient de lire sa valeur au centre du tracé.

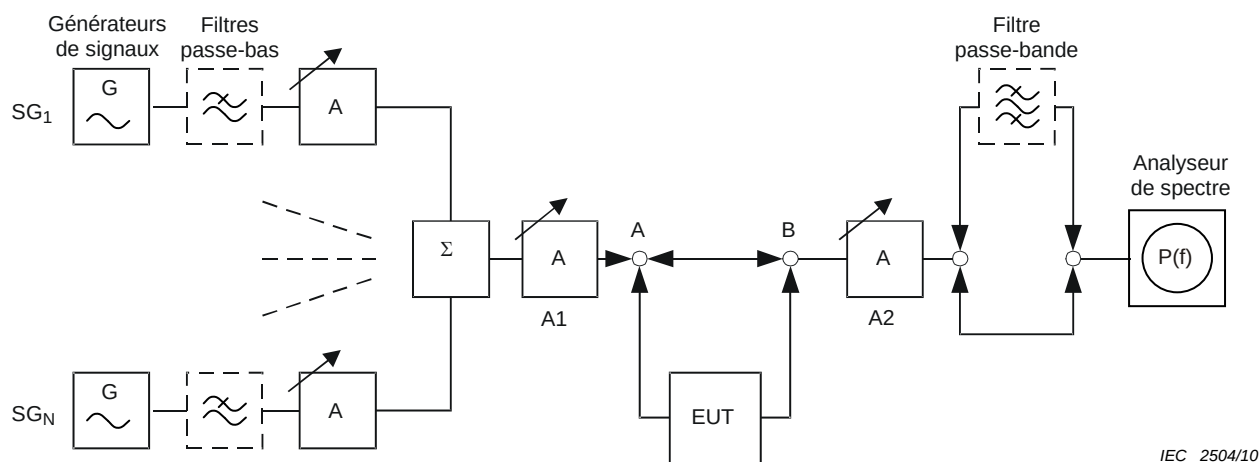
- b) un atténuateur variable de 75 Ω , réglable par pas de 1 dB;
- c) un filtre passe bande pour chacun des canaux de la mesure ou un filtre passe bande accordable. Ce filtre doit atténuer suffisamment les autres canaux présents sur le système en mesure pour garantir que les produits générés par la non-linéarité de l'analyseur de spectre lui-même ne contribuent pas de manière significative aux produits de battements composites à mesurer.

La bande passante de ce filtre doit être plate, avec une ondulation crête-crête moindre que 1 dB sur la gamme de fréquences d'intérêt; ce filtre doit être bien adapté sur toute la bande de fréquences. Si nécessaire, un atténuateur fixe doit être connecté à l'entrée du filtre;

- d) des générateurs à ondes entretenues, fonctionnant aux fréquences des porteuses image utilisées dans le système en mesure. La précision et la stabilité de la syntonisation doivent être meilleures que ± 5 kHz. Le nombre de générateurs nécessaires découle du nombre de groupes de fréquences utilisés pour ces essais (voir 4.3.4.1);
- e) un combineur pour les signaux provenant des générateurs;
- f) des dispositifs d'adaptation, des atténuateurs et des filtres, etc., pour obtenir des niveaux de signaux, des conditions d'adaptation et une réduction des signaux parasites, corrects, à l'entrée du système.

4.3.4.3 Raccordement du matériel

Le matériel doit être raccordé comme indiqué à la Figure 4.



IEC 2504/10

Figure 4 – Raccordement du matériel de mesure pour la mesure de la distorsion non linéaire par la mesure du battement composite

4.3.4.4 Mode opératoire de la mesure

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- a) connecter directement le point A au point B et déconnecter le filtre passe bande (voir Figure 4). Régler le niveau de chaque générateur pour obtenir un niveau de sortie au point A égal à celui qui sera présent lorsque le système ou le matériel soumis à l'essai sera raccordé;
- b) régler l'analyseur de spectre comme suit:

largeur de bande FI	30 kHz
largeur de bande vidéo	10 Hz
largeur de balayage	50 kHz/division
échelle verticale	10 dB/division
temps de balayage	0,5 s/division
- c) syntoniser l'analyseur de spectre de façon que la porteuse image du canal dans lequel la mesure doit être effectuée soit au centre de l'écran d'affichage;
- d) régler la sensibilité de l'analyseur de spectre ainsi que ses atténuateurs d'entrée interne et externe de telle façon que la réponse à la porteuse image corresponde à une référence à pleine échelle. Dans le même temps, le niveau de bruit doit être d'au moins 10 dB inférieur au niveau de distorsion prévu;
- e) intercaler le filtre passe-bande correspondant au canal à mesurer et régler l'atténuateur d'entrée pour compenser l'affaiblissement du filtre;

- f) déconnecter le générateur pour le canal à mesurer et refermer le combineur sur son impédance nominale;
- g) vérifier que les produits d'intermodulation générés dans l'analyseur de spectre sur tout le canal sont inférieurs d'au moins 20 dB aux produits d'intermodulation correspondant au rapport de distorsion requis. Si tel n'est pas le cas, déconnecter le filtre passe bande et répéter les étapes d) à g) de cette procédure en diminuant la sensibilité de l'analyseur de spectre;
- h) noter le réglage de la commande de sensibilité;
- i) connecter à nouveau le générateur de signal et répéter les étapes c) à h) de cette procédure pour tous les canaux;
- j) connecter le dispositif à essayer entre les points A et B et réinitialiser le générateur de signal pour obtenir les niveaux de sortie requis au point B;
- k) régler la fréquence centrale de l'analyseur de spectre comme à l'étape c) et introduire le filtre passe bande approprié;
- l) régler l'atténuateur d'entrée (interne ou externe) pour ramener à la pleine échelle la réponse de l'analyseur de spectre à la porteuse image avec le réglage approprié de sa commande de sensibilité (voir étape h);
- m) déconnecter le générateur pour le canal à mesurer et refermer le combineur sur son impédance nominale;
- n) les battements triples composites sont regroupés à ± 15 kHz de la porteuse image, de sorte que le rapport signal/battement triple composite puisse être lu directement sur l'écran de l'analyseur de spectre;
- o) régler l'atténuateur A1 de la Figure 4 pour obtenir le rapport signal/battement triple composite requis et compenser la variation du niveau de sortie à l'aide de l'atténuateur A2;
- p) mesurer le niveau du signal à la sortie du matériel en essai;
- q) répéter les étapes k) à p) de cette procédure pour chaque canal utilisé dans cet essai;
- r) le niveau de sortie maximal correspondant au rapport signal à battement triple composite voulu ou spécifié, dans le cas le plus défavorable, doit être noté pour publication.

4.3.5 Battement composite d'ordre deux

4.3.5.1 Généralités

Le matériel d'essai nécessaire, le raccordement du matériel et le mode opératoire de mesure sont les mêmes que pour la mesure du battement triple composite, mais avec les différences suivantes.

4.3.5.2 Matériel nécessaire

Le matériel d'essai nécessaire est le même que celui décrit en 4.3.4.2.

4.3.5.3 Mode opératoire de la mesure

Le mode opératoire est le même que pour le battement triple composite à l'exception du fait que les battements d'ordre deux ne sont pas regroupés (à ± 15 kHz) autour des fréquences porteuses exactes mais peuvent être regroupés (± 10 kHz), à $\pm 0,75$ MHz ou à $\pm 0,25$ MHz de celles-ci. Le rapport porteuse/distorsion composite d'ordre deux peut être lu directement sur l'écran de l'analyseur de spectre.

Pour l'ordre deux composite, il est également nécessaire de mesurer les battements près du canal à 48,25 MHz ou lorsque cela n'est pas possible, avec le matériel en essai à la fréquence la plus basse disponible. Bien qu'il ne soit pas essentiel qu'une porteuse soit présente à cette fréquence, ce peut être utile pour disposer d'une référence. Dans ce cas, les

battements d'ordre deux sont regroupés autour de $48,00 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$ et ils peuvent donc à nouveau être directement lus sur l'écran de l'analyseur de spectre.

Le niveau de sortie maximal correspondant au rapport signal à battement d'ordre deux voulu ou spécifié, dans le cas le plus défavorable, doit être noté pour publication

4.3.6 Transmodulation composite

4.3.6.1 Généralités

La méthode de mesure à plusieurs signaux est utilisée. Sont mesurés les niveaux des signaux en sortie du matériel pour que le rapport de transmodulation composite d'amplitude ait la valeur voulue ou spécifiée et aussi le rapport de transmodulation totale composite.

La méthode décrite est applicable à la mesure de la transmodulation par transfert de modulation de signaux perturbateurs multiples modulés à un signal désiré non modulé (victime). Les mesures sont effectuées en utilisant les mêmes fréquences porteuses que pour le composite d'ordre deux, c'est-à-dire comme représenté sur le Tableau D.1.

La méthode utilise plusieurs signaux perturbateurs modulés de façon synchrone de sorte que leur tension en crête de l'enveloppe de modulation soit égale au niveau de référence L , qui est également le niveau du signal non modulé désiré (victime).

Un facteur de correction est inclus pour permettre l'utilisation de profondeurs de modulation inférieures à 100 % (voir Tableau 1).

Tableau 1 – Facteurs de correction lorsque la modulation utilisée est différente de 100 %

Modulation (couplage en alternatif) %	Correction à ajouter au rapport mesuré dB
100	0
90	0,4
80	0,9
70	1,4
60	1,9
50	2,5
40	3,1
30	3,7

La transmodulation d'amplitude composite est définie comme le transfert de la modulation d'amplitude d'un certain nombre de signaux modulés à la porteuse désirée (victime non modulée) et on peut l'exprimer comme suit:

$$20 \lg \frac{\text{p - p voltage of wanted amplitude modulation}}{\text{p - p voltage of transferred amplitude modulation}}$$

La transmodulation totale composite est définie comme le transfert de modulation total, c'est-à-dire la somme vectorielle des modulations d'amplitude et de phase, produites par un certain nombre de signaux modulés sur la porteuse désirée et on peut l'exprimer comme suit:

$$20 \lg \frac{\text{p - p voltage of wanted sideband}}{\text{p - p voltage of transferred sideband}}$$

Les résultats de mesure obtenus avec la profondeur de modulation choisie sont corrigés par rapport à ceux qui seraient obtenus avec une modulation à 100 % (voir Tableau 1).

Le matériel en essai est mesuré au niveau maximal du signal de sortie assurant un rapport (modulation désirée)/ (transmodulation composite) particulier (habituellement 60 dB).

4.3.6.2 Conditions de mesure

Les conditions de mesure suivantes s'appliquent.

- a) Les mesures doivent être effectuées avec tous les signaux d'entrée présents. Ceux-ci doivent être appropriés à la gamme de fréquences du matériel particulier soumis à essai et conformes au Tableau D.1.
- b) Lorsque le matériel à mesurer comporte une CAG, les essais doivent être effectués aux niveaux nominaux du signal d'entrée.
- c) Tous les niveaux doivent être exprimés en valeurs efficaces.

4.3.6.3 Matériel nécessaire

Le matériel suivant est nécessaire:

- a) un voltmètre radiofréquence sélectif couvrant la gamme de fréquences du système ou du matériel en essai; ce voltmètre doit avoir une fonction « sortie démodulée » (demodulated output) linéaire pour les profondeurs de modulation utilisées et une largeur de bande adéquate pour transmettre sans atténuation les bandes latérales à fréquences acoustiques. Si la sélectivité et la linéarité du voltmètre ne sont pas suffisantes pour éviter qu'il génère des signaux parasites, il faudra insérer le filtre passe bande représenté à la Figure 5.

Le voltmètre radiofréquence sélectif doit indiquer la valeur efficace (RMS) de son signal d'entrée aux crêtes de l'enveloppe de la modulation;

- b) des générateur de signaux couvrant les fréquences porteuses image appropriées, comme énuméré à l'Annexe D, ayant tous les fonctions de modulation requises et étant linéaires à la profondeur de modulation à utiliser.

NOTE Il est recommandé que la fréquence de modulation soit proche de la fréquence de balayage ligne des signaux de télévision afin que soient inclus les effets qui pourraient venir des circuits basse fréquence (par exemple par un découplage) dans le matériel à essayer. Il convient que la fréquence de modulation ne soit pas un multiple de la fréquence de l'alimentation.

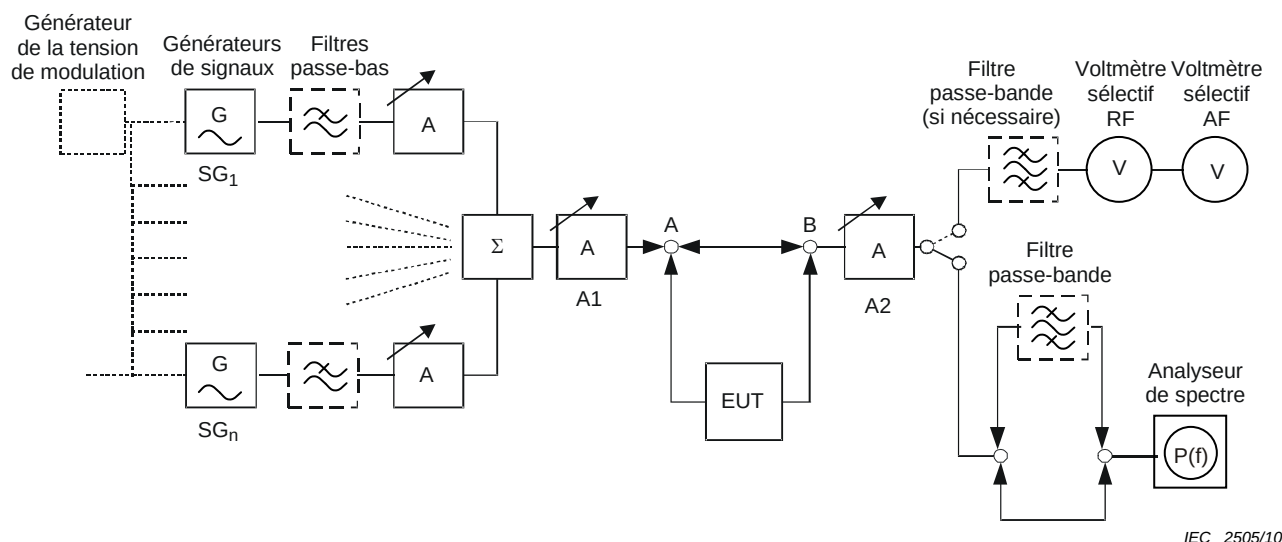
Toute forme d'onde de modulation symétrique (à l'exclusion d'une modulation d'impulsion) est utilisable, à condition d'utiliser le même générateur de signal à la fois pour l'étalonnage et pour la mesure, et que la profondeur de modulation et la forme d'onde restent les mêmes;

- c) un générateur de tension de modulation d'un niveau de sortie suffisant pour fournir la modulation commune des générateurs de signaux mentionnés en b);
- d) un voltmètre sélectif à fréquences acoustiques couvrant la fréquence de modulation à utiliser et ayant une plage de niveaux d'entrée étalonnée dépassant le rapport de transmodulation attendu;
- e) un combineur, des dispositifs d'adaptation d'impédance, des atténuateurs, des filtres, etc., pour obtenir les niveaux de signaux, l'adaptation et la réduction des signaux parasites, corrects;
- f) un analyseur de spectre d'une largeur de bande en fréquence intermédiaire de 1 kHz et disposant d'une largeur de bande vidéo de 10 Hz;
- g) un filtre passe bande pour chacun des canaux à soumettre à essai ou un filtre passe bande accordable. Ce filtre doit atténuer suffisamment les autres canaux présents sur le système en essai pour que les produits générés par la non-linéarité de l'analyseur de spectre lui-même ne contribuent pas de manière significative aux produits de transmodulation à mesurer. La bande passante de ce filtre doit être plate avec une oscillation crête-crête d'au plus 1 dB sur la gamme de fréquences d'intérêt; il doit être bien

adapté sur toute la bande de fréquences. Si nécessaire, un atténuateur fixe doit être placé à l'entrée du filtre.

4.3.6.4 Raccordement du matériel

Connecter le matériel comme montré à la Figure 5.



IEC 2505/10

Figure 5 – Raccordement du matériel de mesure pour la mesure de la transmodulation composite

4.3.6.5 Mode opératoire de la mesure

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- Transmodulation d'amplitude composite
 - a) connecter la sortie du matériel en essai au voltmètre radiofréquence sélectif;
 - b) sélectionner tour à tour chaque générateur de signal, régler la profondeur de modulation et régler la sortie pour fournir le niveau de crête radiofréquence désiré L à la sortie du matériel à soumettre à essai en utilisant le voltmètre radiofréquence sélectif;
 - c) accorder le voltmètre sélectif sur la fréquence de la porteuse sélectionnée comme « signal désiré ». Supprimer tous les signaux indésirables. Régler le voltmètre sélectif à fréquence acoustique pour permettre une lecture commode du signal démodulé. Noter la valeur lue;
 - d) couper la modulation sur la porteuse choisie comme « signal désiré » (victime). Régler sa sortie non modulée pour avoir le niveau radiofréquence désiré L à la sortie du matériel en essai, en utilisant le voltmètre radiofréquence sélectif;
 - e) activer tous les signaux modulés et, avec le voltmètre radiofréquence sélectif accordé à la fréquence de la porteuse désirée, noter le niveau du signal de transmodulation d'amplitude démodulé sur le voltmètre sélectif à fréquence acoustique;
 - f) la différence en décibels entre les niveaux obtenus aux étapes c) et e), corrigée comme sur le Tableau 1, est le rapport de transmodulation d'amplitude rapporté à une modulation de 100 %. Régler l'atténuateur A1 de la Figure 5 et compenser la variation du niveau de sortie à l'aide de l'atténuateur A2 pour obtenir le rapport de transmodulation composite spécifié ou voulu;

- g) le niveau de sortie maximal dans le cas le plus défavorable donnant juste le rapport de transmodulation d'amplitude composite spécifié ou voulu doit être noté pour publication.
 - Transmodulation totale composite
 - h) connecter la sortie du système ou du matériel en essai à l'analyseur de spectre;
 - i) régler l'analyseur de spectre comme suit:

largeur de bande FI	1 kHz;
largeur de bande vidéo	10 Hz;
largeur de balayage	5 kHz/division;
échelle verticale	10 dB/division;
temps de balayage	2 s/division
 - j) accorder l'analyseur de spectre sur le canal sur lequel la mesure doit être effectuée de manière à afficher la porteuse vidéo et une gamme de fréquences de 25 kHz de part et d'autre de la porteuse;
 - k) couper tous les autres canaux et activer la modulation du canal à mesurer;
 - l) intercaler le filtre passe-bande correspondant au canal à mesurer et régler l'atténuateur d'entrée pour la corriger de l'affaiblissement du filtre;
- NOTE Si l'on utilise un analyseur de spectre dont le plus petit filtre vidéo fait plus de 10 Hz, la transmodulation composite peut être affectée de bruit et il convient de lire sa valeur au centre du tracé.
- m) régler la sensibilité de l'analyseur de spectre ainsi que ses atténuateurs d'entrée internes et/ou externes de façon que les réponses des premières bandes latérales, approximativement à 15 kHz de part et d'autre de la porteuse vidéo, correspondent à une référence à pleine échelle. En même temps, le niveau de bruit doit être d'au moins 10 dB inférieur au niveau de distorsion prévu;
 - n) couper la modulation de la porteuse désirée et activer toutes les autres porteuses modulées;
 - o) mesurer l'amplitude des bandes latérales de part et d'autre de la porteuse souhaitée, provoquées par le transfert de transmodulation totale composite. La différence en décibels entre la référence à pleine échelle et la plus grande des bandes latérales corrigée selon le Tableau 1 est le rapport de transmodulation totale rapporté à une modulation de 100 %.
- Régler l'atténuateur A1 de la Figure 5 et compenser la variation du niveau de sortie à l'aide de l'atténuateur A2 pour obtenir la transmodulation totale composite requise;
- p) répéter les étapes a) à n) de cette procédure, en choisissant à chaque fois un signal désiré différent, jusqu'à avoir sélectionné tous les canaux utilisés dans cet essai;
 - q) le niveau de sortie maximal dans le cas le plus défavorable assurant juste le rapport spécifié ou voulu signal à transmodulation totale composite doit être noté pour publication.

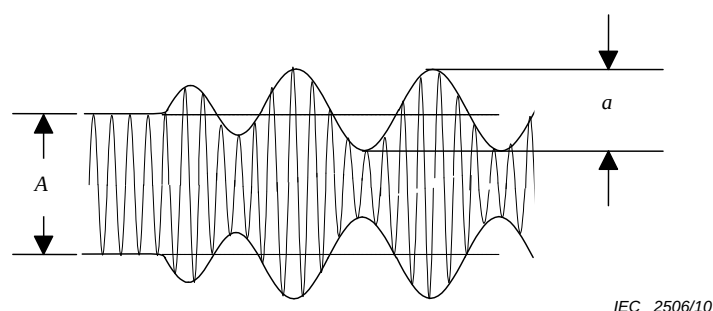
4.3.7 Méthode de mesure de la non-linéarité pour une charge ne comportant que des porteuses en modulation numérique

A l'étude.

4.3.8 Modulation de ronflement de la porteuse (hum modulation)

4.3.8.1 Définition

Le rapport d'interférence pour la modulation de ronflement est donné par le rapport, exprimé en décibels, entre la valeur crête à crête (A) de la porteuse non modulée et la valeur crête à crête, a, de l'une des deux enveloppes produites par le ronflement modulé sur cette porteuse (voir Figure 6).



$$\text{Rapport porteuse/ronflement} = 20\lg \frac{A}{a} \text{ dB}$$

Figure 6 – Rapport porteuse/ronflement

4.3.8.2 Description de la méthode de mesure

4.3.8.2.1 Généralités

La méthode de mesure est valable dans un réseau de distribution par câbles pour les matériels alimentés par du courant alternatif à 50 Hz, et acheminant des signaux de radio et de télévision analogiques.

On utilise pour cette mesure des tensions sinusoïdales provenant d'une source d'impédance de sortie suffisamment basse. La tension maximale admissible ou le courant maximal admissible est pris en compte et c'est la valeur la plus mauvaise sur la bande de fréquences d'utilisation qui doit être publiée.

NOTE Pour les réseaux de distribution par câbles, la valeur crête de la tension d'alimentation ou du courant d'alimentation peut être supérieure à la valeur résultant du calcul fait avec le facteur de forme d'onde correspondant.

Pour mesurer l'objet soumis à essai, on utilise une méthode avec oscilloscope.

4.3.8.2.2 Matériel d'essai nécessaire

Le matériel d'essai suivant est nécessaire:

- source de tension réglable;
- résistance de charge variable;
- injecteur de puissance;
- atténuateur variable;
- oscilloscope;
- voltmètre (efficace);
- ampèremètre;
- générateur de signal radiofréquence accordable avec un bruit de phase et un rapport de modulation de ronflement satisfaisants et incluant une fonction de modulation d'amplitude (400 Hz);
- détecteur incluant un amplificateur basse-fréquence (alimenté par batterie) et un filtre passe-bas à 1 kHz à la sortie, pour supprimer la distorsion à basse fréquence (un filtre passe haut doit être utilisé à l'entrée).

4.3.8.2.3 Raccordement du matériel de mesure

Le schéma de raccordement des objets en essai alimentés localement est représenté à la Figure 7. Le schéma de raccordement des objets en essai alimentés à distance est représenté à la Figure 8.

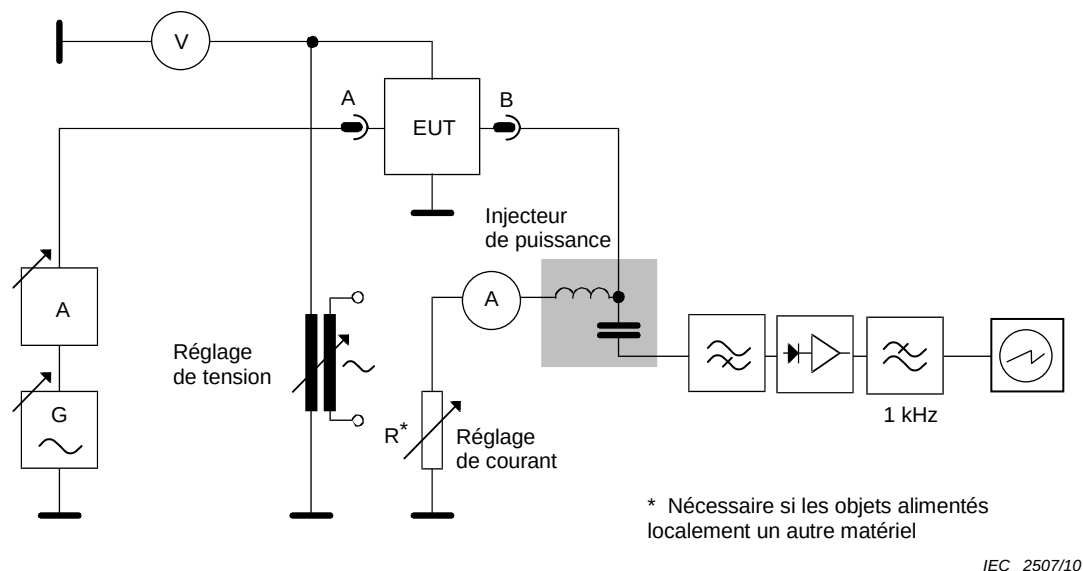


Figure 7 – Montage d'essai pour des objets alimentés localement

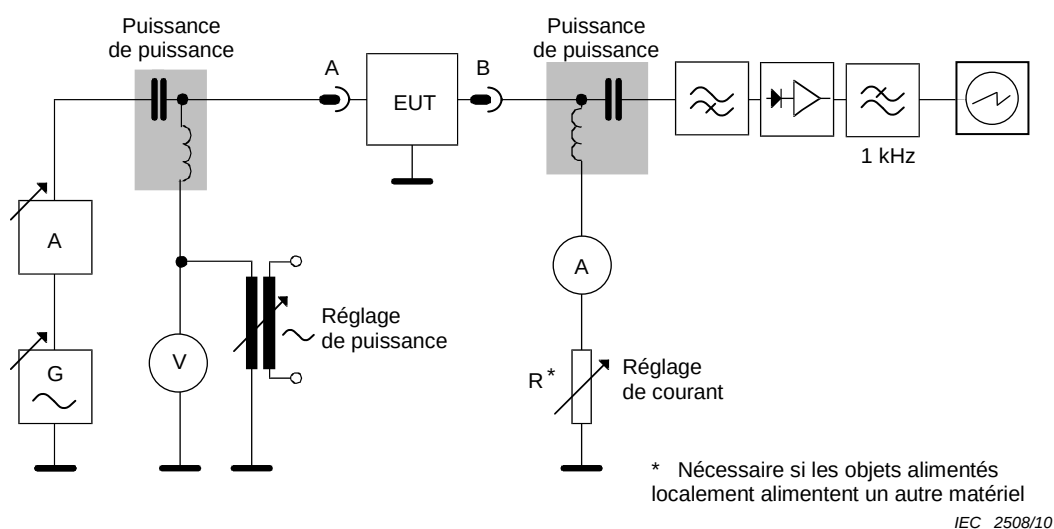


Figure 8 – Montage d'essai pour les objets alimentés à distance

4.3.8.3 Procédure de mesure

4.3.8.3.1 Étalonnage

Le signal de référence est généré au moyen du générateur de signal radiofréquence représenté à la Figure 7 et à la Figure 8. Choisir une fréquence porteuse radiofréquence adaptée au canal de télévision étudié et la moduler avec une profondeur de modulation de 1 % à une fréquence de 400 Hz. Régler le générateur de signal radiofréquence à un niveau approprié et lire sur l'oscilloscope la valeur crête à crête du signal en modulation d'amplitude

démodulé (« c » sur la Figure 9). Celui-ci est le signal de référence. Avec une modulation de 1 %, cette valeur est égale à

$$-20 \lg (0,01) = 40 \text{ dB.}$$

La modulation du générateur de signal doit être coupée. La valeur restante « m » sur la Figure 9 est la valeur à mesurer.

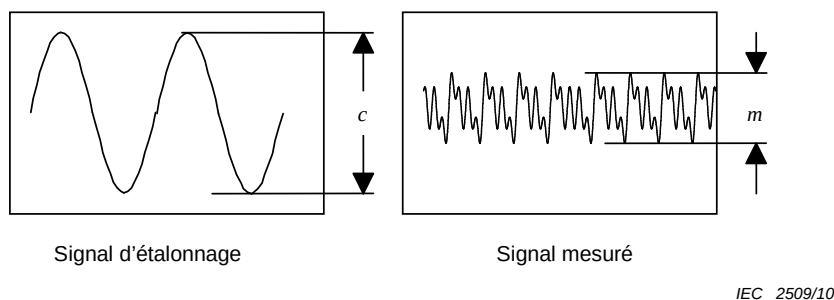


Figure 9 – Affichage sur l'oscilloscope

Contrôler la conformité du montage de mesure en reliant ensemble les points A et B et en mesurant le ronflement inhérent au montage. Le calcul du rapport de modulation de ronflement est donné en 4.3.8.4. Il convient que cette valeur soit supérieure d'au moins 10 dB aux valeurs à mesurer pour le matériel en essai. Pour des mesures avec des montages pour objets alimentés localement, vérifier avec le montage montré Figure 7. Les mesures suivantes doivent être effectuées par incréments appropriés sur toute la gamme de fréquences d'utilisation. La valeur mesurée est indépendante du niveau radiofréquence, mais il convient que le niveau radiofréquence ait au moins l'ordre de grandeur du niveau normal d'utilisation de l'objet soumis à essai.

4.3.8.3.2 Objets soumis à essai alimentés localement

Régler l'objet soumis à essai à la tension de fonctionnement maximale ou minimale à l'aide du transformateur. Le courant d'alimentation dépend de l'exigence de puissance de l'objet soumis à essai. Moduler le générateur de signal avec le signal de référence et régler le niveau au point B au moyen d'un atténuateur de sorte que l'objet mesuré ne soit pas surchargé, et que le détecteur ne se trouve pas dans une plage d'utilisation non admissible. Noter l'amplitude crête à crête « c » du signal de référence démodulé, qui est affichée sur l'oscilloscope. Couper ensuite le signal de référence et mesurer la valeur crête à crête « m » du signal restant.

De plus, pour des objets en essai présentant des bornes de télé-alimentation, régler au moyen de la résistance R le courant au maximum admissible pour cette borne.

4.3.8.3.3 Objets soumis à essai alimentés à distance

Pour les objets soumis à essai télé-alimentés, procéder de façon générale comme décrit dans les alinéas ci-dessus pour les « Objets soumis à essai alimentés localement ». La seule différence est que l'énergie d'alimentation arrive au matériel par l'intermédiaire d'une borne radiofréquence. Lorsque plusieurs interfaces radiofréquence sont disponibles pour injecter de l'énergie, chacune de ces interfaces doit être incluse d'une manière appropriée dans le mode opératoire de mesure.

4.3.8.4 Calcul du rapport de modulation de ronflement

4.3.8.4.1 Gamme de fréquences

La fréquence étudiée pour le ronflement est comprise entre 50 Hz et 1 kHz.

4.3.8.4.2 Objet pris tout seul

Rapport de modulation de ronflement $_{[EUT]} = 40 + 20 \lg(c/m)[dB]$ pour une profondeur de modulation de référence de 1 %.

Pour une autre profondeur de modulation choisie, on doit remplacer la valeur de 40 dB par le résultat de: $-20 \lg(\text{profondeur de modulation})$.

4.3.8.4.3 Objets d'essai mis en cascade

Pour des rapports de modulation de ronflement importants, il peut s'avérer utile de mettre en cascade plusieurs objets d'essai pour mieux déterminer les valeurs mesurées ([cascaded]). Pour calculer l'objet pris tout seul ($_{[EUT]}$), utiliser alors la formule suivante:

Rapport de modulation de ronflement $_{[EUT]} = \text{Rapport de modulation de ronflement}_{[cascaded]} + 20 \lg n [dB]$

où n = nombre d'objets en cascade dans l'essai.

4.3.8.4.4 Correction de la valeur

Lorsqu'une correction d'étalonnage est requise, utiliser la formule suivante:

$$\text{Rapport de modulation de ronflement}_{[EUT]} = -20 \lg \left(10^{\frac{\text{valeur mesurée}}{20}} - 10^{\frac{\text{correction d'étalonnage}}{20}} \right) [dB]$$

4.4 Réponse à un échelon de commande automatique de gain et de pente

4.4.1 Définitions

Dans les réseaux de distribution par câbles utilisant des amplificateurs à large bande avec des commandes automatiques de gain et de pente, il est important de choisir soigneusement les constantes de temps des commandes pour empêcher une instabilité lorsque les amplificateurs sont montés en cascade. De plus, un choix correct des constantes de temps est un avantage lors des mesures avec les analyseurs de systèmes de CATV.

La constante de temps de commande T_C est le temps au bout duquel l'effet sur la sortie d'une variation instantanée du niveau à l'entrée d'un amplificateur est réduit à 50 % de la variation instantanée.

NOTE On suppose que la courbe de commande suit une fonction exponentielle. À la différence de la définition normale d'une constante de temps, la valeur de 50 % a été choisie car elle est plus facile à lire sur l'affichage d'un analyseur de spectre (voir Figure 10).

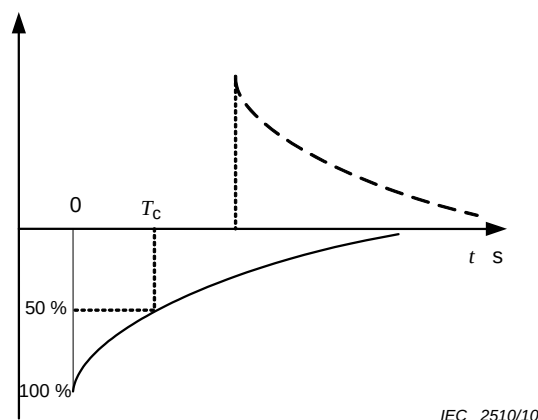


Figure 10 – Constante de temps T_c

Le mode opératoire suivant s'applique à un matériel utilisant des fréquences pilotes.

4.4.2 Matériel nécessaire

Le matériel suivant est nécessaire:

- deux générateurs de fréquence pilote (ou un générateur si une seule fréquence pilote est utilisée);
- un combineur pour les deux générateurs de fréquence pilote;
- un atténuateur commuté;
- deux commutateurs rotatifs (travail avant repos, "make before break");
- deux câbles avec une atténuation de 2 dB à la fréquence la plus haute de la gamme de l'amplificateur;
- un analyseur de spectre avec affichage à mémoire.

4.4.3 Raccordement du matériel

Le matériel est connecté comme représenté à la Figure 11.

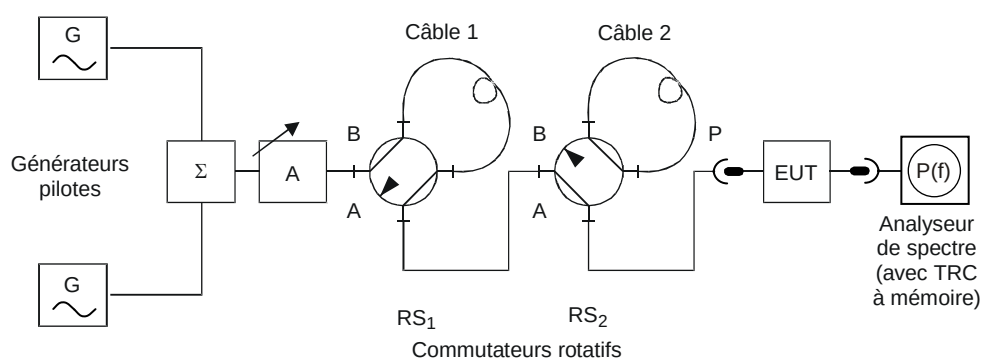


Figure 11 – Mesure de la réponse de la CAG à un échelon

4.4.4 Mode opératoire de la mesure

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- a) les commutateurs rotatifs RS_1 et RS_2 étant dans la position B, (pas de câble), s'assurer que les signaux pilotes au point P ont la même valeur et que les niveaux d'entrée sont dans la plage normale de fonctionnement du matériel en essai;
- b) tourner le commutateur rotatif RS_1 dans la position A (câble 1) et raccorder le matériel en essai. Avec un égaliseur enfichable de 2 dB (ou un égaliseur de câble supplémentaire de 2 dB situé devant le matériel en essai), les signaux pilotes auront le même niveau au premier étage de l'amplificateur;
- c) commuter le matériel en essai en commande automatique de gain. Il convient que les deux fréquences pilotes sur l'analyseur de spectre aient leur niveau normal;
- d) accorder la fréquence pilote supérieure en utilisant l'analyseur de spectre avec les réglages suivants:

étalement de fréquence	0 MHz
largeur de bande FI	3 MHz
temps de balayage	0,5 s/division
échelle verticale	1 dB/division
- e) tourner le commutateur rotatif RS_2 dans la position A (échelon négatif) peu de temps après le début du balayage de l'analyseur de spectre. Voir Figure 11. Mesurer la constante de temps de commande T_c ;
- f) répéter la procédure avec les commutateurs rotatifs dans les mêmes positions de départ (RS_1 en A, RS_2 en B) et tourner RS_1 dans la position B (pas de câble), (échelon positif);
- g) répéter la procédure pour la fréquence pilote inférieure.

4.5 Facteur de bruit

4.5.1 Généralités

Le facteur de bruit est normalement mesuré en utilisant soit un générateur de bruit étalonné adapté à la gamme de fréquences requise soit, de manière plus classique, avec un appareil de mesure automatique de facteur de bruit utilisant une source de bruit en excès.

Les articles suivants décrivent la méthode de mesure à « puissance double » utilisant un générateur de bruit étalonné.

4.5.2 Matériel nécessaire

Le matériel suivant est nécessaire:

- a) un générateur de bruit (source de bruit en excès) approprié à la gamme de fréquences utilisée avec étalonnage en dB ou kT_0 .
- b) un atténuateur de 3 dB.
- c) un wattmètre (voltmètre) sélectif en fréquence.

4.5.3 Raccordement du matériel

Le matériel est raccordé comme représenté à la Figure 12. Il convient que la connexion entre le générateur de bruit et le matériel en essai soit courte. Il convient que l'impédance de l'ensemble du matériel soit de 75 Ω .

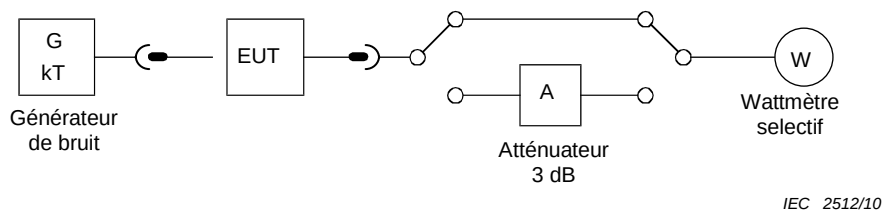


Figure 12 – Mesure du facteur de bruit

4.5.4 Mode opératoire de la mesure

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- réglér une référence appropriée sur le wattmètre à la fréquence désirée sans l'atténuateur de 3 dB et sans bruit supplémentaire à l'accès d'entrée du matériel en essai (générateur de bruit coupé). Il convient que le niveau de bruit mesuré soit supérieur de 10 dB au moins à l'indication du wattmètre si son entrée est fermée sur une charge 75 Ω . Il convient de régler la largeur de bande du wattmètre pour obtenir un relevé stable;
- intercaler l'atténuateur de 3 dB et augmenter le niveau de sortie du générateur de bruit jusqu'à ce que le wattmètre revienne au niveau de référence d'origine;
- lire le facteur de bruit sur le générateur de bruit;
- répéter les étapes a) à c) à différentes fréquences sur toute la bande. Le cas le plus défavorable doit être indiqué.

4.6 Atténuation de diaphonie

4.6.1 Atténuation de diaphonie pour les sorties transparentes

4.6.1.1 Généralités

Chaque sortie transparente correspond à une entrée. En raison de la diaphonie, la sortie transparente d'un commutateur multiple transporte, outre le signal d'entrée correspondant, des signaux perturbateurs provenant des autres entrées. L'atténuation de diaphonie entre les accès d'entrée est donc un paramètre important.

4.6.1.2 Matériel nécessaire

Un analyseur de réseau est nécessaire.

4.6.1.3 Mode opératoire de la mesure sur la bande « fréquence intermédiaire satellite » utilisée

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- connecter l'accès « réflexion » de l'analyseur de réseau à l'accès d'entrée 1 du commutateur multiple (voir Figure 13);
- connecter la sortie transparente 1 du commutateur multiple à l'accès de transmission de l'analyseur de réseau. La sortie transparente 1 correspond à l'accès d'entrée 1;
- charger tous les accès inutilisés;
- mesurer l'atténuation entre l'accès d'entrée 1 et la sortie transparente 1. Soit a_1 l'atténuation en décibels sur la gamme de fréquences d'utilisation;
- connecter l'accès « réflexion » de l'analyseur de réseau à un accès d'entrée de commutateur multiple, par exemple l'accès d'entrée 2;
- charger tous les accès inutilisés;

- g) mesurer l'atténuation entre l'accès d'entrée 2 et l'accès en boucle 1. Soit a_2 l'atténuation en décibels sur la gamme de fréquences d'utilisation.

L'atténuation de diaphonie en décibels dans le cas le plus défavorable est la valeur minimale de $a_2 - a_1$ sur la gamme de fréquences en fréquence intermédiaire satellite utilisée.

4.6.2 Atténuation de diaphonie pour les accès de sortie

4.6.2.1 Généralités

En raison de la diaphonie, un accès de sortie d'un commutateur multiple transporte, outre le signal d'entrée sélectionné, des signaux perturbateurs provenant des autres accès d'entrée. L'atténuation de diaphonie entre les accès d'entrée est donc un paramètre important.

En plus du couplage électromagnétique entre les câbles, des signaux indésirables sur un accès de sortie viennent de l'isolation finie des commutateurs. L'atténuation de diaphonie pour les accès de sortie est la combinaison des deux.

4.6.2.2 Matériel nécessaire

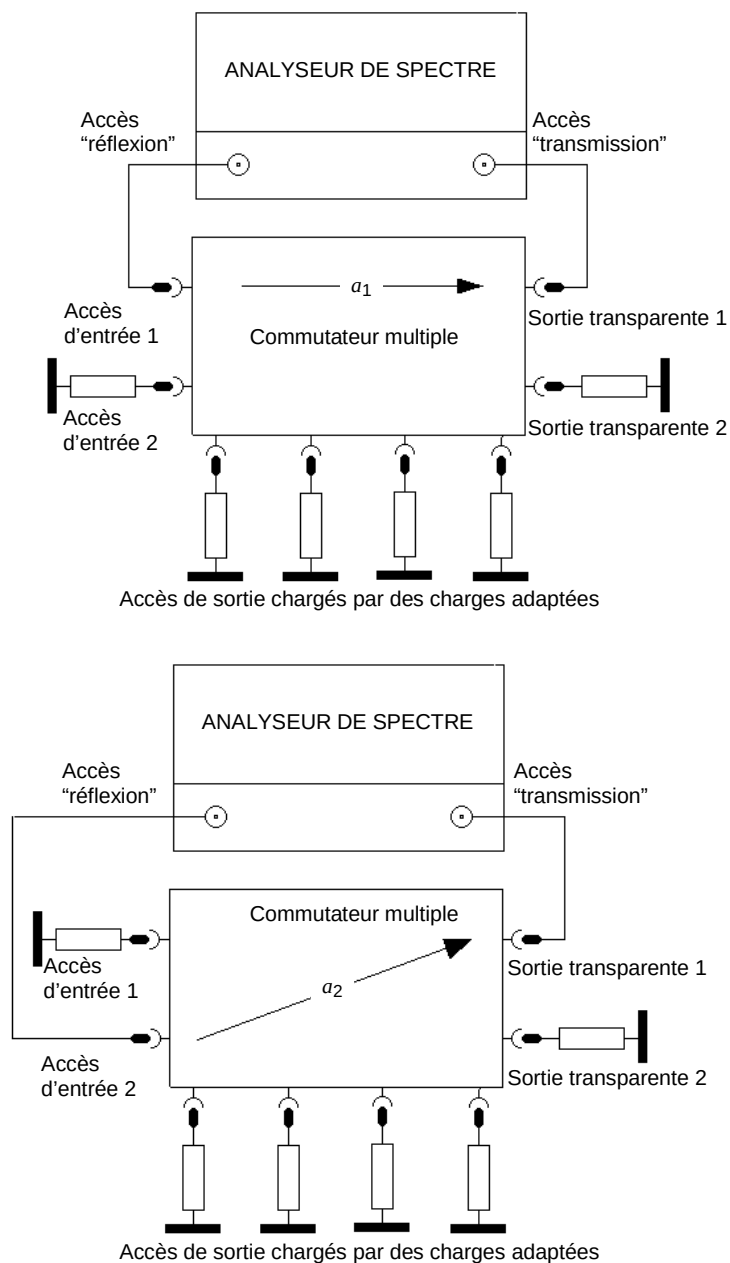
Le matériel suivant est nécessaire:

- a) analyseur de réseau;
- b) té de polarisation (voir Figure 8);
- c) récepteur satellite étalon.

4.6.2.3 Mode opératoire de la mesure sur la bande « fréquence intermédiaire satellite » utilisée

Le mode opératoire de la mesure comprend les étapes suivantes:

- a) raccorder l'accès de sortie du commutateur multiple à l'accès RF+DC du té de polarisation;
- b) raccorder l'accès radiofréquence du té de polarisation à l'accès de transmission de l'analyseur de réseau;
- c) raccorder l'accès « courant continu » du té de polarisation au récepteur satellite;
- d) régler le récepteur satellite pour générer des signaux de commande qui sélectionnent l'accès d'entrée 1 du commutateur multiple;
- e) connecter l'accès « réflexion » de l'analyseur de réseau à l'accès « entrée » du commutateur multiple 1;
- f) refermer tous les accès inutilisés;
- g) mesurer l'atténuation entre l'accès d'entrée sélectionné 1 et l'accès de sortie. Soit a_1 l'atténuation en décibels sur la gamme de fréquences d'utilisation;



IEC 2513/10

Figure 13 – Mesure de l'atténuation de diaphonie pour les sorties transparentes d'un commutateur multiple

- h) connecter l'accès de réflexion de l'analyseur de réseau à un autre accès d'entrée de commutateur multiple, par exemple l'accès 2;
- i) charger tous les accès inutilisés;
- j) mesurer l'atténuation entre l'accès d'entrée non sélectionné 2 et l'accès de sortie. Soit a_2 l'atténuation en décibels sur la gamme de fréquences d'utilisation.

L'atténuation de diaphonie en décibels dans le cas le plus défavorable est la valeur minimale de $a_2 - a_1$ sur la gamme de fréquences en fréquence intermédiaire de satellite utilisée.

4.7 Niveau du signal pour les signaux modulés en numérique

La méthode de mesure du niveau du signal pour des signaux modulés en numérique est décrite dans la CEI 60728-1.

4.8 Mesure du rapport de bruit d'intermodulation composite (CINR)

4.8.1 Généralités

La non-linéarité de la voie de retour d'un matériel acheminant seulement des canaux modulés en numérique peut être mesurée par différentes méthodes. Les méthodes les plus généralement utilisées sont:

a) Taux d'erreur sur les bits (BER)

Cette méthode nécessite l'envoi de trains binaires pseudo-aléatoires modulés sur un grand nombre de canaux pour remplir la bande de retour. Le BER est mesuré pendant que l'on fait varier le niveau du signal radiofréquence.

b) Mesure du bruit dans un trou du spectre

Une distorsion provoquée par du bruit est encore du bruit. La mesure du bruit de distorsion est possible si avant que le bruit simulant la voie de retour complètement chargée rentre dans le matériel en essai, ce bruit est éliminé sur une petite bande de fréquence (ou trou (en anglais gap)). En modifiant le niveau (en entrée du système) du bruit de charge simulant la voie de retour complètement chargée, le trou est, en sortie, plus ou moins rempli par du bruit de distorsion. Le rapport entre le niveau du "signal" de charge (bruit) simulant la charge complète de la voie de retour et le niveau bruit de distorsion (dans le trou) est mesuré et tracé.

c) Mesure avec plusieurs porteuses non modulées

Dans cette méthode, deux groupes de plus de dix porteuses non modulées (ondes entretenues) sont présentés à l'entrée du matériel en essai. Dans chaque groupe les fréquences des porteuses sont verrouillées en phase pour simuler le rapport puissance crête à puissance moyenne d'un canal numérique. On fait varier le niveau du signal tout en mesurant le rapport entre la puissance totale des deux groupes de porteuses en ondes entretenues et la puissance bruit plus distorsion sur les produits d'intermodulation d'ordre trois aux fréquences au-dessus ou au-dessous des groupes.

Le tracé du BER (TEB) ou des rapports de puissance en fonction du niveau de signal a l'aspect d'une courbe en baignoire. Lorsque le niveau du signal est faible, le bruit thermique (ou un autre bruit constant, par exemple le RIN (bruit d'intensité relative) des lasers, domine. Lorsque le signal est suffisamment fort, le bruit d'intermodulation domine. Aucune de ces méthodes ne peut faire la différence entre les deux, car les deux apparaissent comme du bruit.

4.8.2 Matériel nécessaire

Le matériel suivant est nécessaire:

- une source de bruit blanc gaussien couvrant la bande de fréquences du matériel à soumettre à essai;
- un filtre pour conformer le bruit comme indiqué à la Figure 14 pour les fréquences indiquées au Tableau 2.

Tableau 2 – Fréquences du filtre réjecteur de bande

Gamme de fréquences f_{low} à f_{high}	Fréquence du filtre réjecteur de bande f		
5 MHz à 30 MHz	12 MHz	17,5 MHz	22 MHz
5 MHz à 50 MHz	22 MHz	27,5 MHz	35 MHz
5 MHz à 65 MHz	27,5 MHz	35 MHz	48 MHz

Le filtre doit limiter la largeur de bande du bruit à la largeur de bande du matériel en essai. Il doit également rejeter une bande du spectre de bruit. Cette bande rejetée doit se trouver au milieu du spectre;

- c) un analyseur de spectre;
- d) un atténuateur variable $75\ \Omega$, réglable par pas de 1 dB.

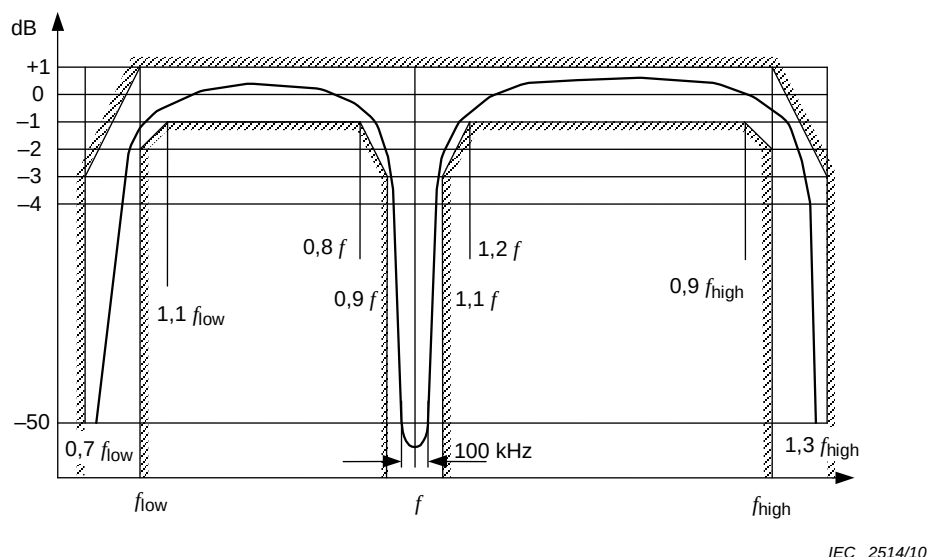


Figure 14 – Caractéristique du filtre de bruit

4.8.3 Raccordement du matériel

Le matériel doit être raccordé comme indiqué à la Figure 15. En variante, le filtre peut être constitué de plusieurs modules de filtrage en cascade. Bien veiller à l'adaptation correcte des impédances.

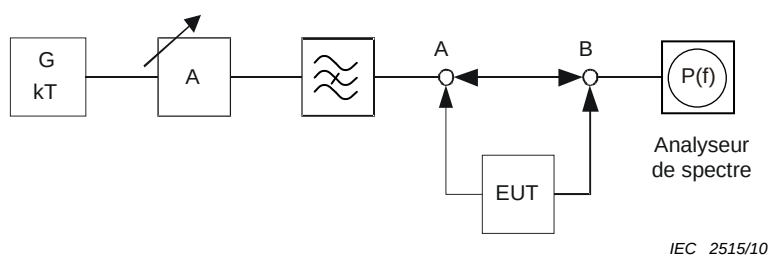


Figure 15 – Montage d'essai pour la mesure de la non-linéarité

4.8.4 Mode opératoire de la mesure

Puisque le signal modulé en numérique a des caractéristiques similaires à celles du bruit blanc, une mesure précise de la densité de puissance peut être réalisée en utilisant la fonction de marqueur de bruit (noise marker function) d'un analyseur de spectre.

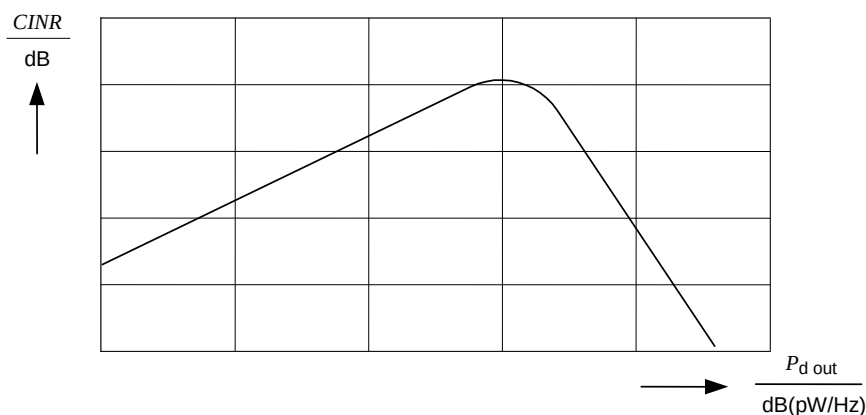
- a) connecter directement le point A au point B;
- b) régler l'analyseur de spectre comme suit:
 - largeur de bande de résolution: 30 kHz,
 - largeur de bande vidéo: 100 kHz;

NOTE Le moyennage nécessaire peut être réalisé avec des temps de balayage suffisamment longs ou par un détecteur à échantillonnage, qui rend possible une correction de niveau pour le marqueur de bruit.

- fréquences de début et de fin: comme nécessaire,
 - type de détecteur: valeur efficace (RMS), échelle verticale 5 dB/division;
- c) régler la sensibilité de l'analyseur de spectre pour maximiser sa dynamique. Si l'analyseur de spectre n'a pas une dynamique suffisante pour mesurer la profondeur de la réjection dans la bande coupée, un filtre passe bande peut être ajouté devant l'analyseur de spectre; il convient que celui-ci soit assez large pour laisser passer et du signal et de la bande coupée de façon à mesurer à la fois le niveau du signal et le niveau dans la bande coupée. Il convient que le niveau de signal correspondant à la dynamique maximale soit fixé et pris comme niveau de référence;
 - d) raccorder le matériel en essai entre les points A et B, régler le gain du dispositif à un gain maximal et régler à nouveau l'atténuateur d'entrée de l'analyseur de spectre au niveau de référence;
 - e) à chaque réglage de l'atténuateur variable, toujours bien régler aussi l'atténuateur d'entrée de l'analyseur de spectre au niveau de référence pour avoir une dynamique maximale. Vérifier que le bruit de fond de l'analyseur est suffisamment (10 dB au moins) en dessous du niveau dans le trou (bande rejetée), sinon, utiliser une table de correction de bruit proche. Vérifier que la contribution de l'analyseur à l'intermodulation est négligeable;
 - f) mesurer le niveau de la densité de bruit à large bande en dB(mW/Hz) au point B. Mesurer *CINR* comme la différence des valeurs du bruit à l'intérieur et à l'extérieur du trou fait par le filtre réjecteur de bande;
 - g) la mesure doit être effectuée aux trois fréquences données conformément au Tableau 2.

4.8.5 Présentation des résultats

Le cas le plus défavorable des résultats doit être tracé en décibels du rapport de bruit d'intermodulation composite (*CINR*) à la fréquence du trou considéré, en fonction de la densité de puissance de sortie P_d en dB(pW/Hz) (Figure 16).



IEC 2516/10

$$P_d = P - 10 \lg (B_w)$$

où

P est la puissance en dB(pW);

B_w est la largeur de bande en Hz.

Figure 16 – Présentation du résultat du CINR

La meilleure profondeur possible du trou conduit à des données incorrectes sur les caractéristiques d'intermodulation du matériel, car à un faible niveau de signal le bruit de distorsion ne domine pas le bruit thermique. Les résultats dépendent fortement du bruit thermique du matériel. Pour cette raison, il est très utile de tracer les profondeurs du trou à sa fréquence centrale en fonction de plusieurs niveaux forts en sortie pour être sûr d'atteindre des niveaux de signal où c'est le bruit de distorsion qui domine.

NOTE 1 S'il n'est pas possible de mesurer la courbe complète en raison de la dynamique du matériel, des parties de la courbe peuvent être présentées. Voir aussi Article F.5.

NOTE 2 Pour une impédance donnée du système, il existe une relation précise entre le niveau de puissance et le niveau de tension. Pour une impédance de 75 Ω , la relation est la suivante:

$$P [dB(pW)] = L [dB(\mu V)] - 18,75 \text{ dB}$$

où

L est le niveau de tension en dB(μV);

P est le niveau de puissance en dB(pW).

18,75 dB(μV) correspond à 0 dB(pW) à 75 Ω

4.9 Immunité aux surtensions

4.9.1 Généralités

Des surtensions peuvent apparaître aux entrées et sorties coaxiales des amplificateurs de CATV à cause de foudroiements directs ou indirects. Ces surtensions sont simulées par la méthode de mesure décrite ci-après afin de contrôler l'immunité et les mesures de protection de l'amplificateur correspondant.

Un essai de surtension utilisé dans le cas d'une unité d'alimentation incorporée doit être réalisé conformément à la norme de sécurité appliquée, CEI 60065 ou CEI 60950-1.

Un essai de surtension appliquée à l'accès d'alimentation est à l'étude.

4.9.2 Matériel nécessaire

Générateur de surtensions (ou de chocs) avec une forme d'impulsion de 1,2/50 μ s selon la CEI 61000-4-5, mais avec une tension en circuit ouvert allant jusqu'à 6 kV (valeur de crête).

Le raccordement entre le générateur de chocs et le matériel en essai doit être réalisée en utilisant le câble spécifique fourni par le fabricant comme accessoire du générateur de chocs.

NOTE D'autres études sont nécessaires.

4.9.3 Raccordement du matériel

Le matériel doit être raccordé comme indiqué à la Figure 17.

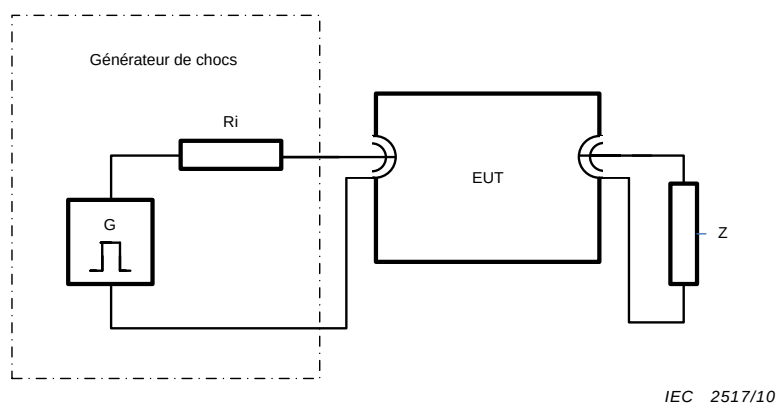


Figure 17 – Montage de mesure pour l'essai d'immunité aux chocs

4.9.4 Mode opératoire de la mesure

Il convient d'essayer les accès « signal » avec téléalimentation en alternatif avec et sans téléalimentation.

Cinq impulsions de choc à tension positive et cinq à tension négative doivent être appliquées au conducteur interne des entrées et sorties coaxiales pertinentes. Les essais sont limités aux accès pour lesquels, selon les informations du fabricant, sont raccordés des câbles de longueur supérieure à 30 m.

NOTE cette limitation à des longueurs de câbles supérieures à 30 m évite les essais sur des sorties d'essai, de commande et similaires.

5 Exigences relatives au matériel

5.1 Exigences générales

Lorsque la norme demande la publication de caractéristiques chiffrées, ces chiffres doivent être indiqués, si cela est pertinent, pour chaque accès d'entrée et chaque accès de sortie.

Lorsque les méthodes de mesure indiquées à l'Article 4 ou des méthodes équivalentes sont utilisées, des caractéristiques chiffrées doivent être publiées.

Il convient que des d'instructions de service et d'installation soient disponibles.

5.2 Sécurité

Les exigences de sécurité appropriées, comme présentées dans la CEI 60728-11, doivent être satisfaites.

5.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les exigences de compatibilité électromagnétique, comme présentées dans la CEI 60728-2, doivent être satisfaites.

5.4 Gamme de fréquences

La ou les gammes de fréquences pour lesquelles le matériel est spécifié doivent être publiées.

5.5 Impédance et affaiblissement de réflexion

L'impédance nominale doit être la suivante

- 75 Ω asymétrique, ou
- 100 Ω symétrique.

Les exigences concernant l'affaiblissement de réflexion de l'amplificateur dépendent de sa position et de sa fonction dans le système. Tous les accès d'entrée et de sortie de l'unité doivent satisfaire à la spécification, pour toutes les conditions spécifiées de la commande de gain et de pente- automatique et manuelle -, et avec installée toute combinaison d'égaliseurs et d'atténuateurs enfichables.

Pour un amplificateur de niveau de qualité 1 (quality grade 1), l'affaiblissement de réflexion doit être de catégorie B et pour un amplificateur de niveau de qualité 2, l'affaiblissement de réflexion doit être de catégorie C.

L'exigence de performance pour chaque catégorie d'affaiblissement de réflexion est indiquée au Tableau 3.

Tableau 3 – Exigences d'affaiblissement de réflexion pour tous les matériels

Catégorie	Gamme de fréquences MHz	Exigence
A	5 à 65 ^a	≥ 20 dB
	40 à 1 750	≥ 20 dB – 1,5 dB/octave mais ≥ 14 dB
	1 750 à 3 000	14 dB avec diminution linéaire jusqu'à 10 dB
B	5 à 65 ^a	≥ 18 dB
	40 à 1 750	≥ 18 dB – 1,5 dB/octave mais ≥ 10 dB
	1 750 à 3 000	10 dB avec diminution linéaire jusqu'à 6 dB
C	5 à 65 ^a	≥ 14 dB
	40 à 1 750	≥ 14 dB – 1,5 dB/octave mais ≥ 10 dB
	1 750 à 3 000	10 dB avec diminution linéaire jusqu'à 6 dB
D	5 à 1 750	≥ 10 dB
	1 750 à 3 000	10 dB avec diminution linéaire jusqu'à 6 dB
^a En raison des différentes applications réelles, le trajet de retour sera spécifié jusqu'à 65 MHz, tandis que les exigences du trajet direct commencent à 40 MHz		

Les fabricants doivent indiquer la catégorie d'affaiblissement de réflexion de chaque amplificateur.

NOTE Pour les amplificateurs de niveaux de qualité autres que 1 ou 2, il convient que les fabricants indiquent l'affaiblissement de réflexion minimal en utilisant la méthode de mesure décrite en 4.2.1 et la présentation du Tableau 3. Certains amplificateurs peuvent avoir des catégories de rapport d'affaiblissement de réflexion différentes sur des accès différents.

5.6 Gain

5.6.1 Gain minimal et maximal

Doivent être publiés les gains minimal et maximal garantis de l'amplificateur en décibels à la fréquence la plus haute spécifiée.

5.6.2 Commande de gain

La gamme en décibels de toute commande de gain doit être publiée.

5.6.3 Pente et commande de pente

La caractéristique de toute pente fixe, le cas échéant, et de la caractéristique du câble pour cette pente, doit être publiée. Cette publication doit s'effectuer au moyen d'une formule montrant la relation entre l'atténuation en décibels et la fréquence, ou encore le câble d'essai particulier utilisé pour l'essai en usine doit être indiqué.

La plage en décibels de toute commande de pente variable par rapport à la valeur moyenne doit être publiée.

5.7 Platitude

La platitude de la réponse amplitude-fréquence entre les accès d'entrée et de sortie doit être publiée. La pente est supposée être éliminée soit par un calcul, soit par câble.

La platitude à bande étroite aux accès de sortie doit être comprise dans 0,2 dB crête à crête par bande de 0,5 MHz et 0,5 dB crête à crête par bande de 7 MHz.

La spécification de platitude doit être tenue dans toutes les conditions spécifiées des commandes automatique et manuelle de gain ainsi qu'avec toute combinaison d'égaliseurs et atténuateurs enfichables spécifiés pour le dispositif.

5.8 Points d'essai

Les points d'essai doivent être à 75 Ω ou adaptés à 75 Ω par l'intermédiaire d'une sonde d'essai. L'affaiblissement de réflexion doit correspondre à celui du niveau de qualité de l'amplificateur conformément au Tableau 3. L'atténuation et la platitude du gain doivent être publiées.

5.9 Retard de groupe

5.9.1 Retard chrominance-luminance

Le retard, en nanosecondes, dans le cas le plus défavorable, entre le signal de luminance et la sous-porteuse de chrominance (4,43 MHz) dans un seul canal de télévision PAL/SECAM doit être publié. Le canal correspondant au cas le plus défavorable doit être identifié par sa fréquence.

5.9.2 Retard chrominance/luminance pour les autres normes et systèmes de modulation de télévision

Ceux-ci doivent être mesurés sur la largeur de bande de canal appropriée et le chiffre dans le cas le plus défavorable doit être publié, le cas échéant.

5.10 Facteur de bruit

Le facteur de bruit maximal sur la gamme de fréquences spécifiée doit être publié.

5.11 Distorsion non linéaire

5.11.1 Généralités

Si l'amplificateur est conçu pour un fonctionnement avec une pente, les mesures doivent être effectuées avec une pente.

Les essais mentionnés sont applicables aux diverses catégories d'amplificateur suivantes:

- a) amplificateurs à large bande destinés à fonctionner dans la gamme inférieure à 1 000 MHz et qui ne sont pas utilisés pour les signaux à fréquence intermédiaire satellite: battement triple composite, battement d'ordre deux composite et transmodulation composite;
- b) pour les amplificateurs fonctionnant dans la gamme supérieure à 950 MHz, habituellement avec des signaux en fréquence intermédiaire satellite, distorsions d'ordre deux et d'ordre trois.

5.11.2 Distorsion d'ordre deux

La valeur dans le cas le plus défavorable doit être publiée sous forme du niveau de sortie en dB(μ V), donnant un rapport signal sur distorsion de 60 dB ou de 35 dB pour les amplificateurs n'acheminant que des signaux en FM dans leur bande passante.

NOTE Pour certains amplificateurs (par exemple, feedforward ou contre-réaction aval), il peut s'avérer impossible de mesurer un rapport signal sur distorsion de 60 dB. Dans ce cas peut être mentionné le niveau de sortie pour un rapport signal sur distorsion supérieur à 60 dB.

5.11.3 Distorsion d'ordre trois

La valeur dans le cas le plus défavorable doit être publiée sous forme du niveau de sortie en dB(μ V), fournissant un rapport signal sur distorsion de 60 dB, ou 35 dB pour les amplificateurs n'acheminant que des signaux en FM dans la bande passante.

NOTE Pour certains amplificateurs (par exemple, feedforward ou contre-réaction aval), il peut s'avérer impossible de mesurer un rapport signal sur distorsion de 60 dB. Dans ce cas peut être mentionné le niveau de sortie pour un rapport signal sur distorsion supérieur à 60 dB.

5.11.4 Battement triple composite

La valeur dans le cas le plus défavorable sur tous les canaux doit être publiée sous forme du niveau de sortie en dB(μ V), donnant un rapport signal sur distorsion de 60 dB.

NOTE Pour certains amplificateurs (par exemple, feedforward ou contre-réaction aval), il peut s'avérer impossible de mesurer un rapport signal sur distorsion de 60 dB. Dans ce cas peut être mentionné le niveau de sortie pour un rapport signal sur distorsion supérieur à 60 dB.

5.11.5 Battements composites d'ordre deux

La valeur dans le cas le plus défavorable sur tous les canaux doit être publiée sous forme du niveau de sortie en dB(μ V), donnant un rapport signal sur distorsion de 60 dB.

NOTE Pour certains amplificateurs (par exemple, feedforward ou contre-réaction aval), il peut s'avérer impossible de mesurer un rapport signal sur distorsion de 60 dB. Dans ce cas peut être mentionné le niveau de sortie pour un rapport signal sur distorsion supérieur à 60 dB.

5.11.6 Transmodulation composite

La valeur dans le cas le plus défavorable sur tous les canaux doit être publiée sous forme du niveau de sortie en dB(μ V), donnant un rapport signal sur distorsion de 60 dB.

Deux valeurs de niveaux de sortie doivent être publiées. Celles-ci correspondent au transfert de modulation d'amplitude seulement, mesurée par démodulation d'amplitude, et au transfert de modulation total, mesuré sur un analyseur de spectre.

NOTE Pour certains amplificateurs (par exemple, feedforward ou contre-réaction aval), il peut s'avérer impossible de mesurer un rapport signal sur distorsion de 60 dB. Dans ce cas peut être mentionné le niveau de sortie pour un rapport signal sur distorsion supérieur à 60 dB.

5.11.7 Niveau d'utilisation maximal pour une charge de porteuses numériques modulées

A l'étude.

5.12 Commande automatique de gain et de pente

Les fréquences pilotes et la dynamique doivent être publiées. Dans ce cas, la dynamique est définie comme les variations les plus petites et les plus grandes du niveau d'entrée en décibels, que l'amplificateur peut compenser, aux fréquences les plus hautes et les plus basses. La variation la plus grande du niveau de sortie aux fréquences les plus hautes et les plus basses correspondant aux variations de niveau d'entrée, pour la dynamique spécifiée et sur la plage de températures spécifiée, doit être publiée.

NOTE Celle-ci peut ne pas correspondre à la variation aux fréquences pilotes si les fréquences pilotes ne sont pas proches des fréquences la plus haute et la plus basse.

La constante de temps de la réponse de la commande à un échelon doit être publiée.

5.13 Modulation de ronflement

La valeur de la modulation de ronflement doit être publiée en décibels dans le cas le plus défavorable de tension et de courant de crête spécifié du matériel.

5.14 Alimentation

Les valeurs suivantes doivent être publiées:

- tension d'entrée AC_{RMS} et plage de fréquences;
- consommation de puissance de l'ensemble amplificateur complet ou de chaque module actif;
- pour les amplificateurs modulaires, courant et tension continus requis pour ou donnés par chaque module actif;
- ondulation crête à crête en tension dans le cas le plus défavorable, si la tension d'alimentation est disponible pour un usage externe.

5.15 Environnement

5.15.1 Généralités

Les fabricants doivent publier les informations appropriées relatives à l'environnement concernant leurs produits selon les exigences des publications énumérées ci-dessous. Cela

permet aux utilisateurs d'estimer leur adéquation par rapport aux quatre exigences principales: stockage, transport, installation et exploitation.

5.15.2 Stockage (effets simulés du)

CEI 60068-2-48

5.15.3 Transport

Fret aérien (combinaison du froid et d'une basse pression) CEI 60068-2-40

Transport routier (essai de secousse) CEI 60068-2-29

Transport routier (essai de choc) CEI 60068-2-27

5.15.4 Installation ou maintenance

Chocs liés à des manutentions brutales CEI 60068-2-31

Essai de chute libre CEI 60068-2-32

5.15.5 Exploitation

Classe IP Protection assurée par les enceintes CEI 60529

Catégorie climatique des composants ou du matériel pour le stockage et le fonctionnement CEI 60068-1

Froid CEI 60068-2-1

Chaleur sèche CEI 60068-2-2

Chaleur humide CEI 60068-2-30

Variation de température (essai Nb) CEI 60068-2-14

Vibrations (sinusoïdales) CEI 60068-2-6

5.15.6 Rendement énergétique du matériel

A l'étude.

5.16 Marquage

5.16.1 Marquage du matériel

Le nom du fabricant et le numéro de type doivent être marqués lisiblement et durablement sur tout matériel.

5.16.2 Marquage des accès

Pour marquer les accès, il convient d'utiliser les symboles selon la série CEI 60417 et la CEI 80416.

5.17 Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF)

A l'étude.

5.18 Exigences pour les commutateurs multiples

5.18.1 Signaux de commande pour les commutateurs multiples

Les signaux de commande doivent être conformes aux signaux de commande des convertisseurs de blocs à faible bruit comme spécifié dans la CEI 61319-1 et la CEI 61319-2.

5.18.2 Platitude de la réponse amplitude-fréquence

La platitude de la réponse amplitude-fréquence entre les accès d'entrée et de sortie, entre les accès d'entrée et les sorties transparentes et entre les accès d'entrée et de sortie pour signaux d'émetteurs de terre, doit être conforme aux exigences des diviseurs de puissance (splitters) selon la CEI 60728-4.

5.18.3 Affaiblissement de réflexion (*return loss*)

L'affaiblissement de réflexion sur tous les accès d'entrée, de sortie, de sortie transparente et d'entrée terrestre doit être conforme aux exigences des séparateurs selon la CEI 60728-4.

5.18.4 Perte de passage ou d'insertion (*through loss*)

L'affaiblissement de passage entre les accès d'entrée et de sortie, entre les accès d'entrée et la sortie transparente et entre les accès d'entrée et de sortie pour signaux de terre, doit être publié pour les gammes de fréquences pertinentes.

5.18.5 Isolation

L'isolation entre les accès d'entrée et entre les sorties transparentes doit être publiée.

L'isolation entre les accès de sortie qui sont commutés sur le même accès d'entrée doit être conforme aux exigences des diviseurs de puissance (*splitters*) selon la CEI 60728-4.

L'isolation entre les accès de sortie qui sont commutés sur des accès d'entrée différents doit être publiée.

NOTE Les exigences de performance peuvent être déterminées d'après les paramètres système donnés dans la CEI 60728-1.

5.18.6 Atténuation de diaphonie

À une sortie, l'atténuation de diaphonie entre l'entrée sélectionnée et une autre entrée doit être mesurée. La valeur minimale pour toutes les combinaisons d'accès de sortie, d'accès d'entrée et de positions de commutateurs, doit être publiée. La méthode de mesure est donnée en 4.6.

NOTE Les exigences de performance peuvent être déterminées d'après les paramètres système donnés dans la CEI 60728-1.

5.18.7 Isolation entre les signaux à fréquence intermédiaire satellite et les signaux terrestres

Si le commutateur multiple comporte une fonction de couplage pour signaux terrestres, la valeur minimale de l'atténuation entre les accès d'entrée à fréquence intermédiaire satellite et les accès de sortie dans la gamme de fréquences des signaux terrestres doit alors être publiée.

NOTE Les exigences de performance peuvent être déterminées d'après les paramètres système donnés dans la CEI 60728-1.

5.19 Immunité aux surtensions

5.19.1 Degrés des niveaux d'essai

En fonction du degré des niveaux d'essai publiés par le fabricant du matériel, l'amplificateur doit supporter des surtensions appliquées au conducteur interne des entrées et sorties coaxiales, comme présenté dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Paramètres des surtensions pour différents degrés de niveaux d'essai

Degré du niveau d'essai	Forme de l'impulsion	Ri	Tension
1	1,2 / 50 μ s	2 Ω	1 kV
2	1,2 / 50 μ s	2 Ω	4 kV
3	1,2 / 50 μ s	2 Ω	6 kV

Après les essais, aucune dégradation significative du fonctionnement ne doit se produire (par exemple, gain, niveau de sortie maximal, consommation de puissance, etc. doivent rester dans la spécification du fabricant).

5.19.2 Recommandation concernant quant au degré du niveau d'essai

Les degrés de niveau d'essai donnés dans le Tableau 5 dépendent de l'application du matériel et des conditions liées à l'environnement. La mention « Application préférentielle à des types d'amplificateurs » n'est donnée que pour information.

Tableau 5 – Recommandations quant au degré des niveaux d'essai

Degré du niveau d'essai	Tension	Application préférentielle à un type d'amplificateur
1	1 kV	Pour les matériels intérieurs
2	4 kV	Pour le câblage souterrain et le matériel monté en souterrain ou dans des armoires
3	6 kV	Pour le matériel exposé

Annexe A (informative)

Détermination de la distorsion non linéaire

A.1 Généralités

Dans un dispositif non linéaire, l'expression du signal de sortie se présente en général comme la somme d'une infinité de termes, chacun produit par un ou plusieurs des termes (supposés sinusoïdaux) dont la somme est le signal d'entrée, en particulier par l'interaction de deux termes ou plus. La fonction de transfert du dispositif peut être exprimée par:

$$V_{\text{out}} = a_0 + a_1 V_{\text{in}} + a_2 V_{\text{in}}^2 + a_3 V_{\text{in}}^3 + \dots a_n V_{\text{in}}^n + \dots, \text{ etc.}$$

Si le signal d'entrée V_{in} comporte m termes sinusoïdaux, celui-ci peut alors être exprimé par:

$$V_{\text{in}} = V_1 \sin(\omega_1 t + \phi_1) + V_2 \sin(\omega_2 t + \phi_2) + \dots V_m \sin(\omega_m t + \phi_m)$$

Le signal de sortie est alors une série de termes dont chacun peut s'exprimer sous la forme générale suivante:

$$C V_i a_n \sin(\omega_i t + \phi_i)$$

où ω_i est la somme ou la différence de multiples positifs entiers d'une ou plusieurs des fréquences d'entrée, par exemple:

$$4\omega_2, 2\omega_1 - \omega_3, 4\omega_1 + \omega_2, 2\omega_1 + \omega_2 + \omega_3.$$

Cela peut s'écrire sous la forme générale suivante:

$$\omega_i = p_1 \omega_1 \pm p_2 \omega_2 \pm p_3 \omega_3 \pm \dots p_m \omega_m$$

où

ω_i	est la fréquence angulaire $2\pi f_i$;
$p_1, p_2, \dots, p_m$	sont des entiers positifs (incluant 0);
ϕ_i	est la phase relative des signaux de sortie;
a_n	est un coefficient de la fonction de transfert;
V_i	est un terme dépendant du produit des puissances des amplitudes des signaux d'entrée (V_1, V_2 , etc.) où la somme des puissances est égale à n ;
C	est un facteur multiplicatif numérique.

Il convient de noter que des termes de même fréquence peuvent provenir de termes différents de la fonction de transfert, avec différentes valeurs de n .

Chaque composante du signal de sortie, représenté par une expression de ce genre avec $n > 1$, est un produit de distorsion non linéaire; quand ω_i est un entier multiple d'un unique terme du signal d'entrée, par exemple $4\omega_2$, le produit est considéré comme un produit de distorsion harmonique; quand il est formé de deux termes ou plus, par exemple $2\omega_1 - \omega_3$, il est appelé produit de distorsion d'intermodulation.

Puisque habituellement les valeurs de $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ etc., diminuent relativement rapidement lorsque n augmente, on trouve que les signaux de sortie non linéaires prédominants

proviennent des termes de la fonction de transfert tels que $p_1 + p_2 + \dots + p_m = n$, n étant par définition l'ordre du produit de cette distorsion non linéaire; par exemple $3\omega_1 - 2\omega_3$ est un produit du cinquième ordre provenant du terme $a_5 V_{in}^5$.

Les m signaux d'entrée représentés dans l'expression ne sont pas nécessairement des signaux distincts. Tout signal périodique peut être représenté par une série de termes sinusoïdaux, comme dans l'expression de V_{in} . Pour les signaux de sortie non linéaires prédominants, on trouve que:

$$V_i = V_1^{p_1} \cdot V_2^{p_2} \cdot V_3^{p_3} \cdot \dots \cdot V_m^{p_m}$$

de sorte que si les amplitudes de tous les signaux d'entrée sont multipliées par un facteur commun K , l'amplitude des produits de distorsion d'ordre n sera multipliée par K^n (car $p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_m = n$). Lorsque les niveaux de tous les signaux d'entrée sont augmentés de 1 dB, le niveau de tout produit de distorsion d'ordre n du signal augmentera de n dB, et le rapport signal/distorsion résultant diminuera de $(n - 1)$ dB. Cette relation est appelée « variation normale du niveau » d'un produit de distorsion.

Si un produit de distorsion est dû à des composantes d'ordre différent et/ou que des produits d'ordre différent apparaissent dans la même bande passante du dispositif utilisé pour mesurer le niveau des produits de distorsion, alors le niveau mesuré ne présentera pas une variation normale.

En principe, un nombre infini de termes est nécessaire pour décrire complètement une caractéristique non linéaire. Toutefois, en supposant une variation normale du niveau des termes des différents ordres, la contribution relative des termes d'ordre supérieur augmente avec le niveau des signaux d'entrée. Inversement, si les niveaux des signaux sont suffisamment faibles, seuls quelques-uns des termes d'ordre inférieur produiront des contributions significatives à la sortie.

Si tous les signaux d'entrée sont dans une bande de fréquences de moins d'une octave, les fréquences de tous les termes d'ordre deux retomberont en dehors de cette bande. Les fréquences des signaux peuvent également être allouées dans deux ou plusieurs bandes non contiguës de façon que les produits d'ordre deux retombent en dehors de ces bandes.

Les produits de distorsion d'ordre trois, en particulier certains des produits qui apparaissent aux fréquences représentées par $\omega_1 \pm \omega_2 \pm \omega_3$ ne peuvent pas être mis en dehors de la bande qui contient les signaux d'entrée. En conséquence, l'accumulation des produits de distorsion d'ordre trois peut constituer un facteur limitant la performance d'un système de distribution à canaux multiples à large bande.

Annexe B
(normative)

Porteuses d'essai, niveaux et produits d'intermodulation

B.1 Essais à deux signaux pour les produits d'ordre deux et d'ordre trois

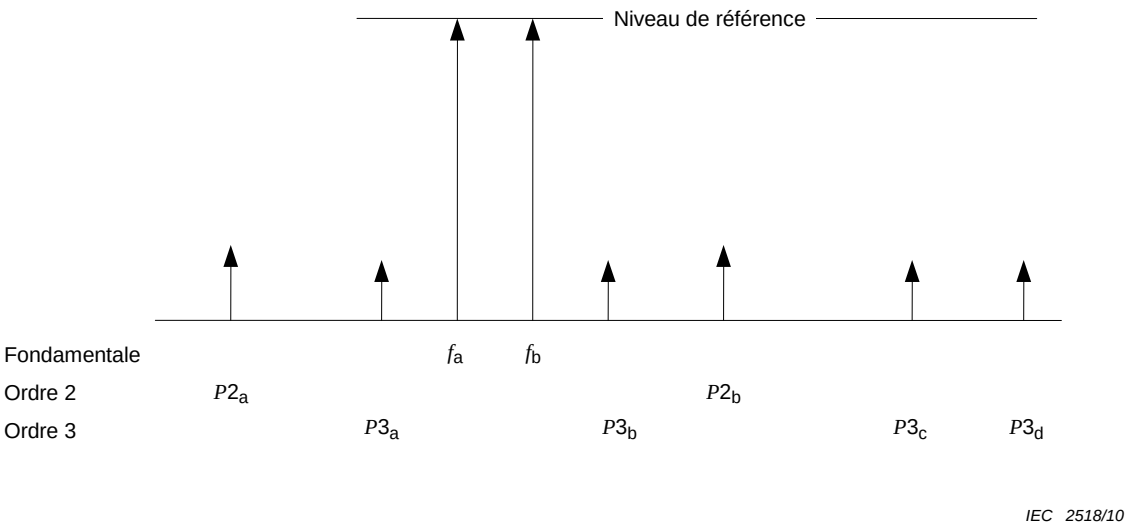
B.1.1 Produits d'intermodulation avec signaux d'essais aux fréquences f_a et f_b

Ordre deux (voir NOTE):	$P2_a = f_b - f_a$	
	$P2_b = f_a + f_b$	
Ordre trois:	$P3_a = 2f_a - f_b$	où $2f_a > f_b$
	$P3_a = f_b - 2f_a$	où $2f_a < f_b$
	$P3_b = 2f_b - f_a$	
	$P3_c = 2f_a + f_b$	
	$P3_d = 2f_b + f_a$	

NOTE Ne s'applique pas au matériel à bande étroite sauf si la gamme de fréquences couverte par le matériel est telle que $2f_{\min} < f_{\max}$.

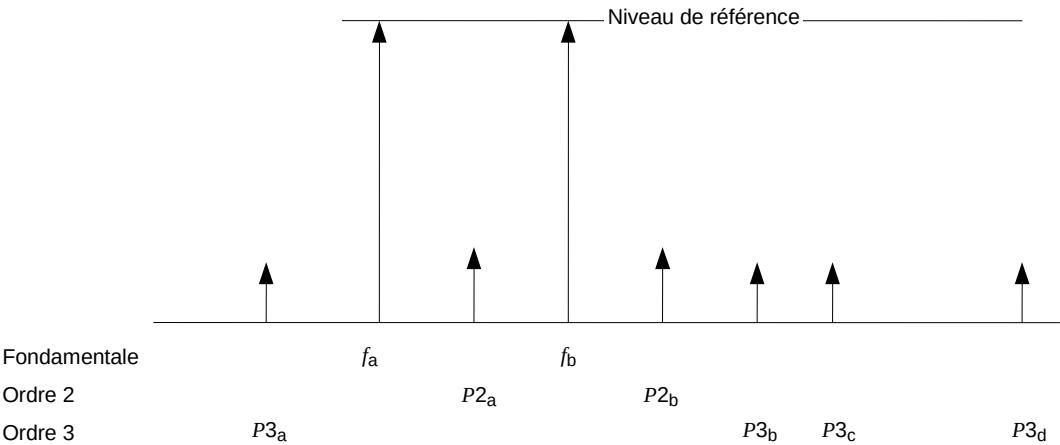
B.1.2 Niveaux des signaux

Les deux porteuses d'essais doivent être réglées au niveau de référence.



NOTE La suite des produits d'intermodulation dépendra des fréquences fondamentales choisies.

Figure B.1 – Exemple montrant les produits formés lorsque $2f_a > f_b$



IEC 2519/10

NOTE La suite des produits d'intermodulation dépendra des fréquences fondamentales choisies.

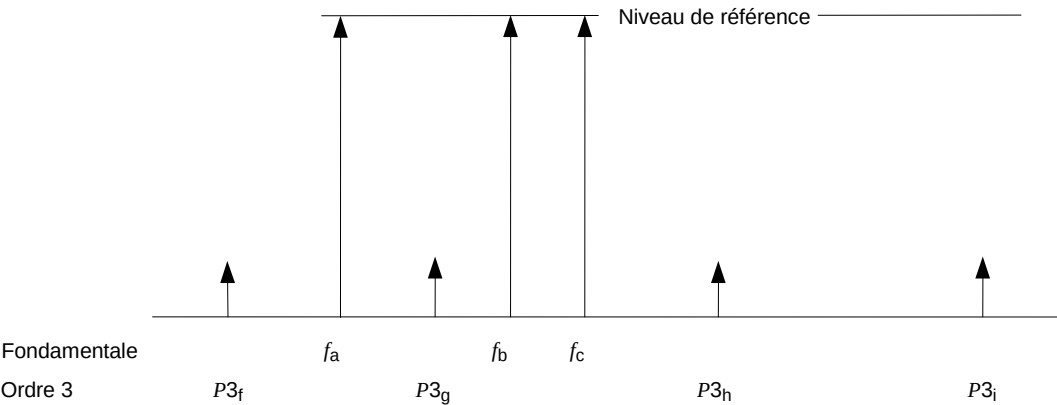
Figure B.2 – Exemple montrant les produits formés lorsque $2f_a < f_b$

B.2 Essais à trois signaux pour les produits d'ordre trois

B.2.1 Produits d'intermodulation avec signaux d'essais aux fréquences f_a , f_b et f_c

Ordre trois:	$P3_f = f_a + f_b - f_c$
	$P3_g = f_a + f_c - f_b$
	$P3_h = f_b + f_c - f_a$
	$P3_i = f_a + f_b + f_c$

NOTE Les produits d'ordre deux et d'ordre trois dus à deux quelconques des porteuses d'essais seront aussi présents s'ils retombent dans la bande de fréquences du matériel ou du système à soumettre à essai.



IEC 2520/10

Figure B.3 – Produits de la forme $f_a \pm f_b \pm f_c$

Annexe C (normative)

Contrôles du matériel d'essai

C.1 Harmoniques (et autres signaux parasites) sur les sorties du générateur

Raccorder le voltmètre sélectif à l'un des générateurs de signaux et déterminer le niveau de tous les signaux parasites lorsque la sortie fondamentale est réglée au niveau requis pour l'essai. Si le rapport entre le fondamental et les signaux parasites est inférieur à 30 dB, il convient d'insérer un filtre pour rejeter les signaux indésirables de façon à obtenir un rapport de 30 dB au moins. Tous les générateurs de signaux d'essais doivent être contrôlés.

C.2 Intermodulation dans le voltmètre sélectif

Contrôler la précision de l'échelle d'amplitude du voltmètre sélectif en utilisant l'un des générateurs de signaux et l'atténuateur variable.

Raccorder le matériel comme pour la mesure d'intermodulation et accorder le voltmètre sur un produit de battement approprié, en réglant l'atténuateur comme nécessaire pour obtenir une lecture commode. Vérifier qu'une petite variation, par exemple de 3 dB, du réglage de l'atténuateur produit une variation équivalente sur l'appareil de mesure. Si les variations ne correspondent pas, il convient d'insérer un filtre à l'entrée de l'appareil de mesure pour atténuer le niveau d'un ou de plusieurs des signaux d'essai.

C.3 Intermodulation entre générateurs de signaux

Il convient de vérifier soigneusement que les mesures d'intermodulation ne sont pas affectées par l'intermodulation entre les générateurs de signaux. Cette vérification se fait en plaçant un atténuateur de 6 dB entre la sortie du combineur et le matériel ou système soumis à essai; on augmentera d'autant le signal en sortie de chacun des générateurs pour rétablir à sa valeur initiale le niveau des porteuses à l'entrée de l'appareil en essai. Si les niveaux des produits d'intermodulation mesurés augmentent ou changent, il convient d'augmenter l'isolation entre les sorties des générateurs.

Tableau D.1 (suite)

NOTE 1	La fréquence porteuse d'essai de 48,25 MHz est utilisée comme référence pour mesurer les produits de CSO à 48,00 MHz.
NOTE 2	Les fréquences d'essai pour les mesures de CTB et de XM sont identiques à celles du plan de fréquences d'essai, car les battements composites d'ordre trois sont regroupés à ± 15 kHz des porteuses des fréquences d'essai.
NOTE 3	Les fréquences d'essai pour la mesure de CSO s'écartent de celle du plan de fréquences d'essai, car les battements composites d'ordre deux sont regroupés à ± 10 kHz, à +0,75 MHz (battements $f_a - f_b$) et à -0,75 MHz (battements $f_a + f_b$) par rapport aux porteuses d'essai (à l'exclusion de la porteuse d'essai à 48,25 MHz).

Annexe E (informative)

Erreurs de mesures apparaissant en raison d'un matériel désadapté

Une « bonne adaptation » est obtenue lorsque l'erreur introduite par la désadaptation d'impédance entre le matériel raccordé au matériel en essai et le matériel en essai (EUT) est acceptable. Des exemples d'erreurs maximales sur les résultats de mesure sont donnés à la Figure E.1 et à la Figure E.2.

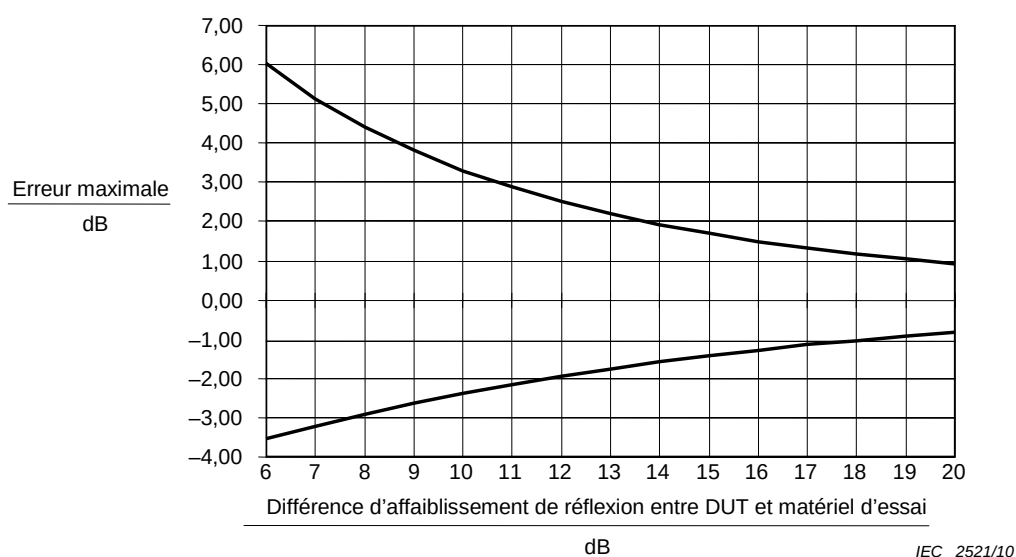


Figure E.1 – Erreur concernant la mesure de l'affaiblissement de réflexion

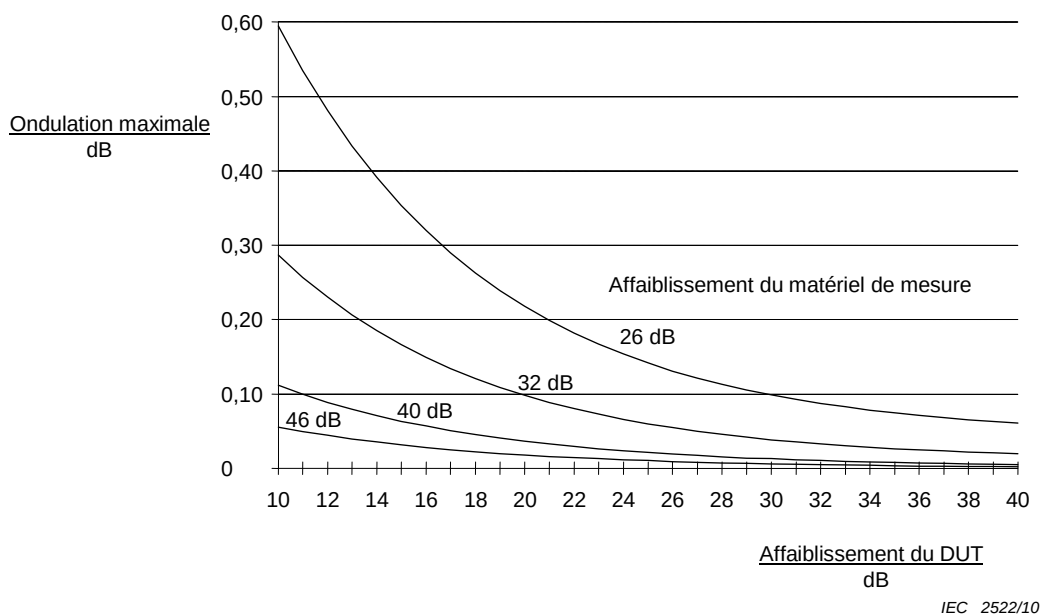


Figure E.2 – Ondulation maximale

Il convient que l'affaiblissement de réflexion du matériel de mesure soit au moins de 10 dB meilleur que la valeur attendue de l'affaiblissement de réflexion du matériel en essai.

Annexe F (informative)

Exemples de signaux, de méthodes de mesure et de conception du réseau pour voies de retour

F.1 Spectre de fréquence des signaux en voie de retour

Presque tous les signaux utilisés sur les voies de retour sont numériques. En utilisant une terminologie plus exacte, cela signifie qu'un signal numérique en bande de base est utilisé pour moduler une porteuse radiofréquence, mais il n'est pas possible d'observer la porteuse dans le spectre de fréquence du signal modulé. La Figure F.1 montre un exemple. Le signal représenté est un signal modulé QPSK (ou en français MDPQ, modulation par déplacement de phase en quadrature) conformément à la norme ETSI ES 200 800.

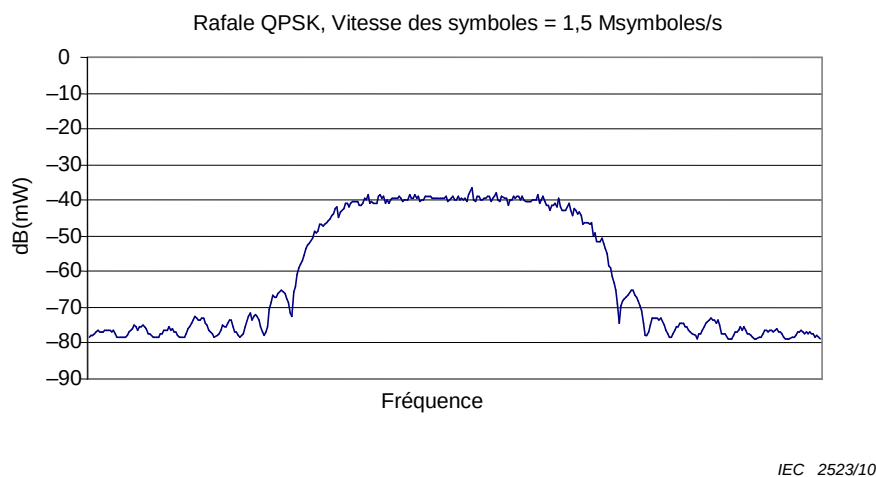


Figure F.1 – Spectre d'un signal modulé MDPQ

F.2 Mesure du niveau du signal

Puisqu'il n'y a pas de porteuse identifiée, la mesure du niveau utilisée pour les canaux de télévision analogique ne peut pas être utilisée. Une nouvelle méthode appropriée de mesure du niveau du signal numérique du trajet de retour est présentée dans la CEI 60728-10. Par ailleurs la CEI 60728-1 donne une méthode de mesure des signaux modulés en numérique.

F.3 Mesure du matériel actif de voie de retour (amplificateurs, liaisons par fibres)

Il n'existe aucune méthode de mesure normalisée pour la performance du matériel de voie de retour. La plupart des méthodes à l'origine prévues pour du matériel de la voie descendante peuvent être utilisées aussi pour le matériel de voie de retour. La distorsion non linéaire est une exception, comme montré sur le Tableau F.1 et le Tableau F.2.

Tableau F.1 – Application des méthodes de mesure de la CEI 60728-3 pour le matériel de voie de retour

Paragraphe	Paramètre	Applicable?
4.2.1	Affaiblissement de réflexion	Oui
4.2.2	Platitude	Oui
4.3.1 à 4.3.6	Distorsion non linéaire	Non
4.3.7	Méthode de mesure de la non-linéarité pour une charge ne comportant que des porteuses en modulation numérique (à l'étude)	Oui
4.3.8	Modulation de ronflement de la porteuse	Oui
4.5	Facteur de bruit	Oui

Tableau F.2 – Application des méthodes de mesure de la CEI 60728-6 pour le matériel de voie de retour

Paragraphe de la CEI 60728-6			Paramètre	Applicable?
Édition 3 ^a	Édition 2: 2003	Édition 1: 2001		
4.2	4.2	4.2	Puissance optique	Oui
4.3	4.3	4.3	Affaiblissement, isolation, directivité et rapport de couplage	Oui
4.4	4.4	4.4	Affaiblissement de réflexion	Oui
4.6	4.7	4.7	Spectre optique	Oui
4.7 ^b	4.8 ^b	4.8	Chirp (variation de la longueur d'onde sous l'effet de la modulation du laser)	Oui
–	–	4.9	$P_{\max}/P_{\min}$ (rapport d'extinction)	Oui
4.8	4.9	4.10	OMI (optical modulation index)	Oui
4.9 ^c	4.10 ^c	4.11	Réponse en tension d'un récepteur optique	Oui
4.10 ^d	4.11 ^d	4.12	Bande de fréquences et platitude	Oui
4.11	4.12	4.13	CSO	Non
4.12	4.13	4.14	CTB	Non
4.13	4.14	4.15	CXM	Non
4.14	4.15	4.16	IM du récepteur	Oui
4.18 ^f	4.19 ^e	4.19	C/N	Oui
–	–	4.22	BER (Bit Error Rate ou TEB)	Oui
4.19 ^g	4.21 ^g	4.23	Influence de la dispersion	Non
^a À publier. ^b Fluctuation ^c Niveau de sortie de référence d'un récepteur optique ^d Pente et platitude ^e Rapport porteuse sur bruit ^f Facteur de bruit et amplificateurs optiques ^g Influence de la fibre				

La méthode de mesure manquante pour la distorsion non linéaire rend difficile la comparaison de produits de fournisseurs différents et en pratique la détermination des niveaux optimaux de signaux pour le matériel de réseau.

F.4 Rapport crête-à-valeur-efficace

Une onde sinusoïdale a un rapport crête à valeur efficace de 3 dB. Un signal numérique peut avoir un rapport de 15 dB (10^{-6} du temps). Cette différence pose un problème, car il existe un risque d'écrêtage laser et de distorsion non contrôlée dans les amplificateurs.

À mesure que le nombre d'ondes sinusoïdales augmente, la distribution d'énergie du multiplex fréquentiel de ces ondes sinusoïdales s'approche d'un bruit gaussien. Pour un signal constitué de dix ondes sinusoïdales (ou canaux de télévision), le rapport crête à valeur efficace est égal à $U_{\text{peak}}/U_{\text{RMS}} = 13 \text{ dB}$ (10^{-6} du temps). On en conclut qu'il convient de ne pas mesurer la non-linéarité du matériel de retour avec seulement deux ou trois porteuses.

F.5 Proposition pour la mesure de la non-linéarité

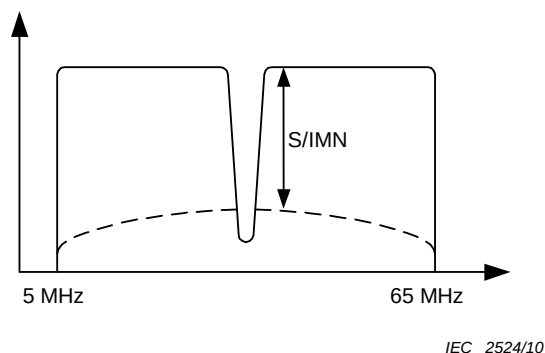
Il existe deux méthodes de mesures possibles pour la non-linéarité du matériel de voie de retour. Le point essentiel est la façon de charger le matériel à mesurer. La première solution consiste à utiliser des porteuses, mais il convient d'utiliser au moins dix porteuses. Une autre solution consiste à utiliser du bruit blanc large bande.

L'avantage de la charge par porteuses est que les battements d'ordre deux et d'ordre trois peuvent être séparés. L'avantage de l'excitation par du bruit est la simplicité. La même méthode est applicable tant pour les amplificateurs que pour les liaisons par fibres.

Lorsque du bruit est utilisé pour charger un matériel en essai, le résultat de la non-linéarité est également du bruit. Si une bande étroite de bruit est éliminée avant la pénétration du bruit dans le matériel en essai, cette bande particulière peut être utilisée pour lire le niveau de distorsion.

La Figure F.2a illustre l'idée de la charge de bruit. Une partie du bruit est éliminée en utilisant un filtre réjecteur de bande. La ligne en tirets montre un exemple du bruit d'intermodulation. Un résultat d'essai type est illustré à la Figure F.2b. À mesure qu'on augmente le niveau de sortie d'un amplificateur ou l'OMI (*optical modulation index*) d'un émetteur laser, le S/N (mesuré à la fréquence centrale de la bande rejetée) commence par croître. Le bruit mesuré dans cette partie de la courbe est du bruit thermique. Si on continue à augmenter le niveau, le S/N tend à diminuer. La raison en est le bruit d'intermodulation.

S/IMN = Rapport signal à bruit d'intermodulation.



NOTE Pour la mesure réelle, une bande rejetée étroite est nécessaire.

Figure F.2a – Une charge de canaux numériques peut être simulée par bruit à large bande

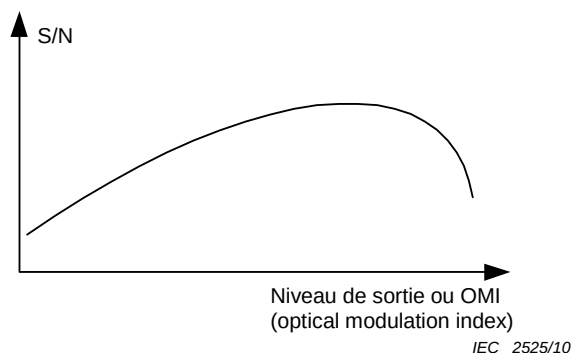


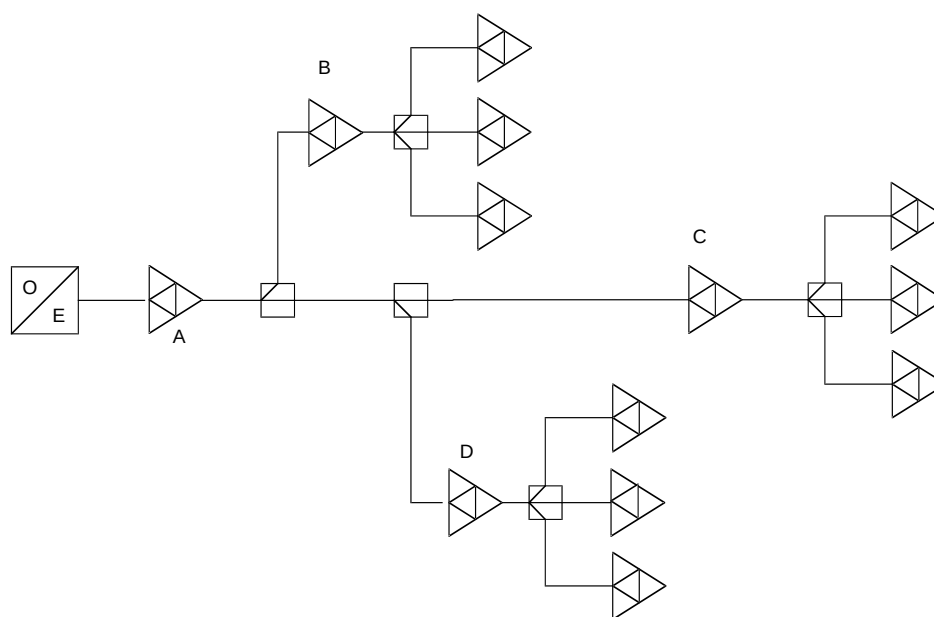
Figure F.2b – La non-linéarité réduit le S/N aux niveaux élevés

Figure F.2 – Mesure de la non-linéarité en utilisant du bruit à large bande

F.6 Exemple de conception du réseau

F.6.1 Généralités

L'exemple suivant montre la facilité avec laquelle on conçoit la voie de retour, lorsque le matériel est spécifié avec une charge de bruit. La Figure F.3 représente un réseau simple constitué d'un récepteur optique et de quatre amplificateurs de transport (trunk) (A, B, C et D). Chacun des amplificateurs de transport envoie le signal (descendant) à trois amplificateurs de distribution. L'intention est de concevoir une voie de retour optimale pour ce réseau.



IEC 2526/10

Figure F.3 – Réseau utilisé dans l'exemple de conception

F.6.2 Réseau de distribution

Le niveau du signal dans un réseau, limité par les exigences de CEM, est par exemple de 114 dB(μV). La norme ETSI ES 200 800 spécifie que le niveau de sortie des émetteurs de voie de retour est de 85 dB(μV) à 113 dB(V). L'atténuation dans le réseau de distribution passif peut varier fortement, mais une valeur réaliste serait de 20 dB à 43 dB.

Le plus haut niveau de sortie du terminal d'abonné et le plus fort affaiblissement de réseau passif possible fournissent le niveau d'entrée minimal (en voie de retour) de l'amplificateur de distribution (113 – 43) dB(μV) = 70 dB(μV). Le niveau de sortie des terminaux est réglé en fonction de leur position dans le réseau. Un affaiblissement moindre signifie un niveau de sortie plus faible. La largeur de bande occupée par les signaux de retour doit être de 35 MHz (à prendre dans la bande de fréquences de voie de retour qui va de 5 MHz à 65 MHz).

F.6.3 Amplificateurs

Les niveaux des signaux de voie de retour, sur les entrées des amplificateurs de voie de retour sont supposés tous égaux. Supposons par exemple que dans chaque amplificateur un amplificateur de retour de gain $G_{MAX} = 20$ dB soit nécessaire pour compenser la perte entre les amplificateurs. Il convient de rechercher le niveau optimal du signal d'entrée.

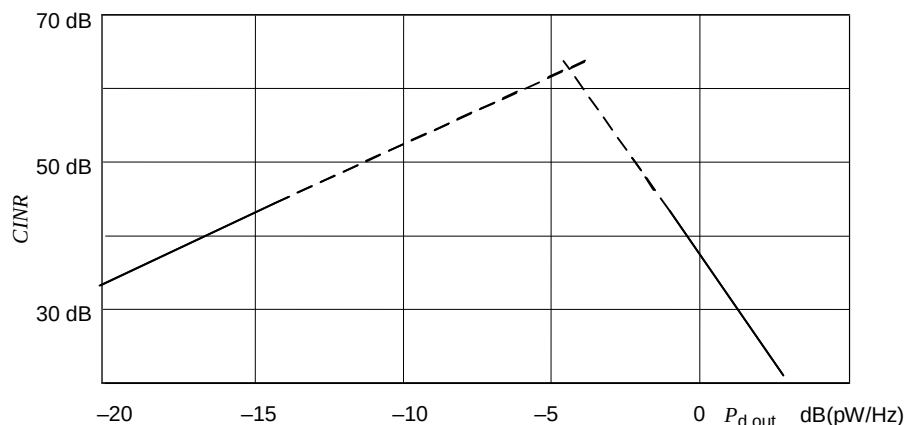
La Figure F.4 montre le résultat d'un essai pour un amplificateur de retour de 20 dB. La profondeur du filtre réjecteur n'était que de 50 dB. C'est la raison pour laquelle une ligne en trait plein est dessinée jusqu'à $CINR = 45$ dB. Les lignes en tirets ne représentent que la tendance. Le $CINR$ le plus grand est inférieur à ce qui est représenté, car les deux signaux de bruit se combinent. Cependant, ce détail n'est pas important pour la spécification (comme on le verra plus bas dans cet exemple). Seules les tendances sont nécessaires dans les spécifications de matériel et une réjection de 50 dB est suffisamment profonde. La densité de puissance peut être calculée (voir 4.8.4) par la formule

$$P_d = P - 10 \lg 35 \cdot 10^6 \quad \text{dB(pW/Hz)}$$

où

P est la puissance en dB(pW);

$35 \cdot 10^6$ est la largeur de bande B_w en Hz.



IEC 2527/10

NOTE Les lignes en trait plein représentent des valeurs mesurées; les lignes en tirets sont extrapolées.

Figure F.4 – Résultat d'essai mesuré sur un amplificateur de retour réel de 20 dB

La Figure F.4, qui montre le comportement d'un amplificateur, doit être modifiée pour montrer la situation dans le réseau. Cette modification se fait en trois étapes:

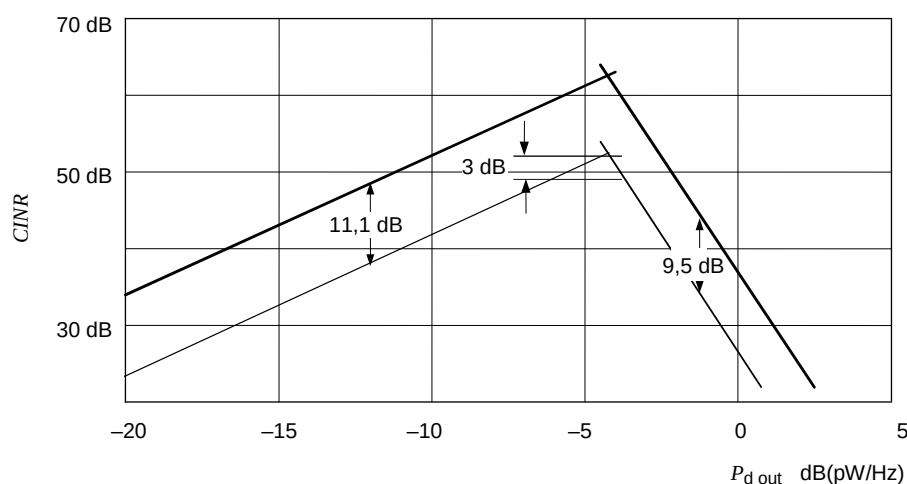
La partie de la courbe ayant une tendance vers le haut représente du bruit gaussien. Le bruit de N amplificateurs est combiné en puissance ($10 \lg$). Non seulement les amplificateurs en cascade contribuent, mais aussi tous les amplificateurs qui sont connectés à l'émetteur à fibres. Dans ce cas, le nombre complet d'amplificateurs connectés à l'émetteur à fibres est de 13 (voir Figure F.3) et la correction est

$$10 \lg N = 10 \lg 13 = 11,1 \text{ dB.}$$

La ligne dirigée vers le bas représente le bruit d'intermodulation, qui est combiné en tension ($20 \lg$). Dans la pratique, tous les amplificateurs ne sont pas entièrement chargés. Supposons que le cas le plus défavorable se produit lorsque tous les amplificateurs dans la cascade la plus longue sont entièrement chargés. Dans notre exemple, le nombre d'amplificateurs en cascade entièrement chargés est de 3 (voir Figure F.3) et la ligne dirigée vers le bas est donc à corriger de

$$20 \lg N = 20 \lg 3 = 9,5 \text{ dB.}$$

Dans la partie la plus haute, les deux types de bruit sont combinés. Une bonne approximation est une ligne horizontale située à 3 dB au-dessous du point de jonction.



IEC 2528/10

Figure F.5 – La courbe *CINR* d'un amplificateur est modifiée pour représenter le *CINR* de toute la section coaxiale du réseau

La courbe modifiée de la Figure F.5 montre le *CINR* de toute la section coaxiale du réseau. Le niveau de sortie optimal est de 90 dB(μ V) à 92 dB(V), correspondant à une puissance P de 72,25 dB(pW); la largeur de bande B_w est de 35 MHz (75,44 dB(Hz $^{-1}$); la densité de puissance peut donc être calculée:

$$P_d = 72,25 \text{ dB(pW)} - 75,44 \text{ dB(Hz}^{-1}) = -3,19 \text{ dB(pW/Hz)}.$$

Cela est bien conforme au niveau d'entrée choisi pour les amplificateurs de distribution et leur

$$G_{\text{MAX}} = 20 \text{ dB.}$$

La valeur de $CINR$ du réseau coaxial est de 49 dB.

Si on utilise une densité de puissance constante, $CINR = 49$ dB vaut pour tous les signaux.

La puissance pour un signal d'une largeur de 1,544 MHz est de

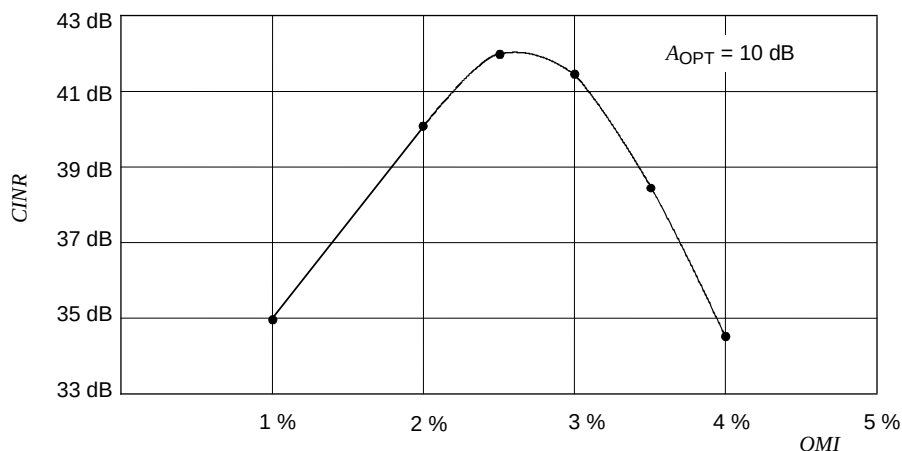
$$-3,19 \text{ dB(pW/Hz)} + 10 \lg 1,544 \cdot 10^6 = 58,7 \text{ dB(pW)}.$$

Son niveau sur 75 Ω est 77,45 dB(μ V).

F.6.4 Liaison optique de voie de retour

Il convient également que l'émetteur à fibres ait un niveau d'entrée de 70 dB(μ V). Une ingénierie du réseau doit trouver l'indice de modulation optimale (OMI) de l'émetteur optique.

Si une courbe de $CINR = f(OMI)$ est disponible, l'OMI peut être directement observé sur la courbe. Le $CINR$ de la liaison par fibre peut également être lu sur la courbe. La Figure F.6 montre par exemple une telle spécification de $CINR$. Le $CINR$ est mesuré pour un signal d'une largeur de 1,544 MHz. Puisque les valeurs de $CINR$ sont très inférieures à celles de l'amplificateur ci-dessus, aucun tâtonnement n'est nécessaire. Noter que la courbe dépend également du niveau d'entrée du récepteur optique. Si l'atténuation optique A_{OPT} est modifiée, la courbe doit l'être aussi. On peut lire directement que pour une atténuation optique de 10 dB, l'OMI optimum est de 2,5 %, le $CINR$ de la liaison optique est de 42 dB.



IEC 2529/10

Figure F.6 – Le $CINR$ d'une liaison optique est une fonction de l'OMI, exemple

F.6.5 Combinaison du coaxial avec la section de fibre

Les deux valeurs de $CINR$ sont combinées en utilisant la formule bien connue suivante:

$$CINR_{tot} = -10 \cdot \lg \left\{ 10^{-(CINR)_1/10} + 10^{-(CINR)_2/10} \right\}$$

Exemple: $(CINR)_1 = 49$ dB
 $(CINR)_2 = 42$ dB
 $(CINR)_{tot} = 41,2$ dB

F.7 Remarques

Dans un réseau réel, il existe d'autres signaux, plus du bruit dû aux brouilleurs radioélectriques pénétrant sur la partie coaxiale du réseau (ingress) et encore du bruit impulsif, qui viennent charger le matériel de voie de retour. Certains produits de distorsion (intermodulation) des signaux de la voie descendante peuvent aussi ajouter à la charge de la voie de retour. Des facteurs de correction peuvent être employés pour tenir compte de ces bruits.

On peut trouver un autre facteur de correction de la manière suivante:

Remplacer une partie du bruit par un canal réel. Mesurer le *BER* pour différents niveaux de signal. La valeur optimale peut différer de celle qui a été trouvée en maximisant le *CINR*. Dans ce cas, on peut utiliser une correction supplémentaire.

Bibliographie

CEI 60050-723:1997, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 723: Radiodiffusion et télédistribution: Son, télévision, données*

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60617, *Graphical symbols for diagrams* (disponible en anglais seulement)

CEI 60728-9, *Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 9: Interfaces of cabled distribution systems for digitally modulated signals* (disponible en anglais seulement)

CEI 60728-6:2001, *Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 6: Optical equipment* (disponible en anglais seulement, retirée)

CEI 60728-6:2003, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment* (disponible en anglais seulement)

CEI 60728-6:–, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment*² (disponible en anglais seulement)

CEI 60728-10, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 10: System performance of return paths* (disponible en anglais seulement)

CEI 61169-2, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 2: Spécification intermédiaire – Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques de série 9.52*

CEI 61169-24, *Radio frequency connectors – Part 24: Sectional specification – Radio frequency coaxial connectors with screw coupling, typically for use in 75 Ω cable distribution systems (Type F)* (disponible en anglais seulement)

CEI 80416 (toutes les parties), *Principes de base pour les symboles graphiques utilisables sur le matériel*

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

ETSI ETS 300 158, *Satellite Earth Stations and Systems (SES) – Television Receive Only (TVRO-FSS) Satellite Earth Stations operating in the 11/12 GHz FSS bands*

ETSI ETS 300 249, *Satellite Earth Stations and Systems (SES) – Television Receive Only (TVRO) equipment used in the Broadcasting Satellite Service (BSS)*

² À publier.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch