

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-31: Testing and measurement techniques – AC mains ports broadband
conducted disturbance immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-31: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux
perturbations conduites à large bande sur les accès d'alimentation secteur en
courant alternatif**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 61000-4-31

Edition 1.0 2016-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-31: Testing and measurement techniques – AC mains ports broadband
conducted disturbance immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-31: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux
perturbations conduites à large bande sur les accès d'alimentation secteur en
courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8322-3564-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope and object.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	8
4 General	10
5 Test levels.....	11
6 Test equipment and level setting procedures	13
6.1 Test generator	13
6.2 Coupling and decoupling devices.....	14
6.2.1 General	14
6.2.2 CDND for the port under test.....	15
6.2.3 Coupling/decoupling networks (CDNs) for cables that are not under test	15
6.3 Verification of the test systems	17
6.3.1 General	17
6.3.2 Verification procedure of test generator flatness	17
6.3.3 Verification procedure of the insertion loss of the CDND using transformer jigs	18
6.3.4 Insertion loss of the injection coupling system	20
6.4 Test level setting procedure	21
6.4.1 General	21
6.4.2 Setting of the output level at the EUT port of the CDND	21
7 Test set-up and injection methods.....	22
7.1 Test set-up.....	22
7.2 EUT comprised of a single unit	22
7.3 EUT comprised of several units	23
7.4 CDN and CDND termination application	25
8 Test procedure	26
9 Evaluation of the test results	27
10 Test report.....	27
Annex A (informative) Measurement uncertainty of the power spectral density test level	29
A.1 General.....	29
A.2 Uncertainty budgets for test methods.....	29
A.2.1 General symbols	29
A.2.2 Definition of the measurand.....	29
A.2.3 MU contributors of the measurand	29
A.2.4 Input quantities and calculation examples for expanded uncertainty	30
A.3 Expression of the calculated measurement uncertainty and its application.....	31
Annex B (informative) Rationale for the selection of the preferred broadband source – Information on test signal generation.....	33
B.1 General.....	33
B.2 Principles of band-limited broadband signal generation	33
B.2.1 General	33
B.2.2 (True) random noise generation.....	33

B.2.3	Pseudo-random noise sequence.....	34
B.2.4	Impulse.....	38
B.2.5	OFDM scheme	40
B.3	Selection of the preferred broadband source.....	42
Bibliography		43
Figure 1	– Immunity test to broadband conducted disturbances	11
Figure 2	– Example of voltage spectrum of a broadband test signal measured with a 120 kHz resolution bandwidth	13
Figure 3	– Principle of the test generator	14
Figure 4	– Example of simplified diagram for the circuit of CDND	15
Figure 5	– Example of coupling and decoupling network for power ports other than AC mains	16
Figure 6	– Test set-up regarding test generator flatness and typical test signal	18
Figure 7	– Typical circuit diagram of the transformer jig showing 50 Ω side and 100 Ω side of the transformer and 2 pcs 0,1 μ F coupling capacitors	18
Figure 8	– Transformer jig specifications	20
Figure 9	– Example of the set-up geometry to verify the insertion loss of the injection coupling system.....	20
Figure 10	– Set-up for the evaluation of the total insertion loss of the injection coupling system.....	21
Figure 11	– Set-up for level setting.....	22
Figure 12	– Example of test set-up for an EUT comprised of a single unit (top view).....	23
Figure 13	– Example of a test set-up for an EUT comprised of several units (top view).....	24
Figure 14	– Immunity test to a 2-port EUT (when only CDNDs can be used).....	26
Figure A.1	– Example of influences upon the power spectral density test level using a CDND.....	30
Figure B.1	– White noise source.....	34
Figure B.2	– Principle of band-limited broadband signal generation with an arbitrary waveform generator	35
Figure B.3	– Signal spectrum of a band-limited pseudo-random noise signal (measured with a 120 kHz resolution bandwidth)	36
Figure B.4	– Extract of the band-limited pseudo noise signal in time domain (measured with an oscilloscope).....	37
Figure B.5	– Signal spectrum of the band-limited pseudo noise signal without an anti- alias filter	37
Figure B.6	– Extract of the signal spectrum of a band-limited pseudo noise signal (measured with a 200 Hz resolution bandwidth).....	38
Figure B.7	– Signal spectrum of a band-limited impulse signal (measured with a 120 kHz resolution bandwidth)	39
Figure B.8	– Extract of the band-limited impulse signal in time domain (measured with an oscilloscope).....	39
Figure B.9	– Extract of the signal spectrum of a band-limited impulse signal (measured with a 200 Hz resolution bandwidth).....	40
Figure B.10	– Signal spectrum of an OFDM signal (measured with a 120 kHz resolution bandwidth).....	41
Figure B.11	– Extract of the signal spectrum of an OFDM signal (measured with a 200 Hz resolution bandwidth).....	41

Figure B.12 – Signal spectrum of an OFDM signal with an amplitude step at 30 MHz
(measured with a 120 kHz resolution bandwidth)42

Table 1 – Test levels..... 12

Table 2 – Characteristics of the test generator..... 14

Table 3 – Specification of the main parameters of the CDND for current ≤ 16 A..... 15

Table 4 – Usage of CDNs..... 16

Table A.1 – CDND level setting process 31

Table B.1 – Comparison of white noise signal generation methods.....42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-31: Testing and measurement techniques –
AC mains ports broadband conducted disturbance immunity test****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 61000-4-31 has been prepared by subcommittee 77B: High-frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard forms Part 4-31 of the IEC 61000 series. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

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

FDIS	Report on voting
77B/758/FDIS	77B/760/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61000 series, published under the general title *Electromagnetic compatibility (EMC)*, 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 website 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

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards or as Technical Specifications or Technical Reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: IEC 61000-6-1).

This part is an International Standard which gives immunity requirements and test procedure related to conducted broadband disturbances.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-31: Testing and measurement techniques – AC mains ports broadband conducted disturbance immunity test

1 Scope and object

This part of IEC 61000 relates to the conducted immunity of electrical and electronic equipment to electromagnetic disturbances coming from intended and/or unintended broadband signal sources in the frequency range 150 kHz up to 80 MHz.

The object of this standard is to establish a common reference to evaluate the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to conducted disturbances caused by intended and/or unintended broadband signal sources on AC mains ports. The test method documented in this standard describes a consistent method to assess the immunity of an equipment or system against a defined phenomenon.

Equipment not having at least one AC mains port is excluded. The power ports not intended to be connected to AC mains distribution networks are not considered as “AC mains ports” and therefore are excluded.

This standard is applicable only to single phase equipment having rated input current ≤ 16 A; the application of the broadband disturbance to multiple phase equipment and/or equipment with rated input current > 16 A is under consideration.

NOTE As described in IEC Guide 107, this standard is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As also stated in Guide 107, the IEC product committees are responsible for determining whether this immunity test standard is to be applied or not, and if applied, they are responsible for determining the appropriate test levels and performance criteria. TC 77 and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular immunity tests for their products.

2 Normative references

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

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility (available at www.electropedia.org)*

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161 as well as the following apply.

3.1

artificial hand

electrical network simulating the impedance of the human body under average operational conditions between a hand-held electrical appliance and earth

Note 1 to entry: The construction should be in accordance with CISPR 16-1-2.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-27, modified – A note to entry has been added.]

3.2

auxiliary equipment

AE

equipment necessary to provide the equipment under test (EUT) with the signals required for normal operation and equipment to verify the performance of the EUT

3.3

common mode impedance

asymmetrical mode impedance between a cable attached to a port and the reference ground plane (RGP)

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.4

coupling network

electrical circuit for transferring energy from one circuit to another with a defined impedance

Note 1 to entry: Coupling and decoupling devices can be integrated into one box (coupling/decoupling network (CDN)) or they can be in separate networks.

3.5

coupling/decoupling network

CDN

electrical circuit incorporating the functions of both the coupling and decoupling networks

3.6

coupling/decoupling network for differential mode coupling

CDND

electrical circuit incorporating the functions of both the coupling and decoupling networks that injects the signal primarily in differential mode

3.7

decoupling network

decoupling device

electrical circuit for preventing test signals applied to the EUT from affecting other devices, equipment or systems that are not under test

3.8

differential mode impedance

symmetrical mode impedance between L and N of an AC mains port

3.9

longitudinal conversion loss

LCL

measure, in a one- or two-port network, of the degree of unwanted transverse (symmetric mode) signal produced at the terminals of the network due to the presence of a longitudinal (asymmetric mode) signal on the connecting leads

Note 1 to entry: LCL is a ratio expressed in dB.

[SOURCE: ITU-T O.9:1999, 4.1, modified – The definition has been rephrased and the parentheses have been added.]

3.10

orthogonal frequency-division multiplexing

OFDM

digital multi-carrier modulation scheme, which uses a large number of closely-spaced orthogonal sub-carriers

Note 1 to entry: See ITU-R BT.1306-7:2015.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.11

test generator

generator capable of generating the required test signal

Note 1 to entry: The generator may include the following: white noise source, modulation source, attenuators, broadband power amplifier and filters.

Note 2 to entry: See Figure 3.

3.12

voltage standing wave ratio

VSWR

ratio of a maximum to an adjacent minimum voltage magnitude along the line

4 General

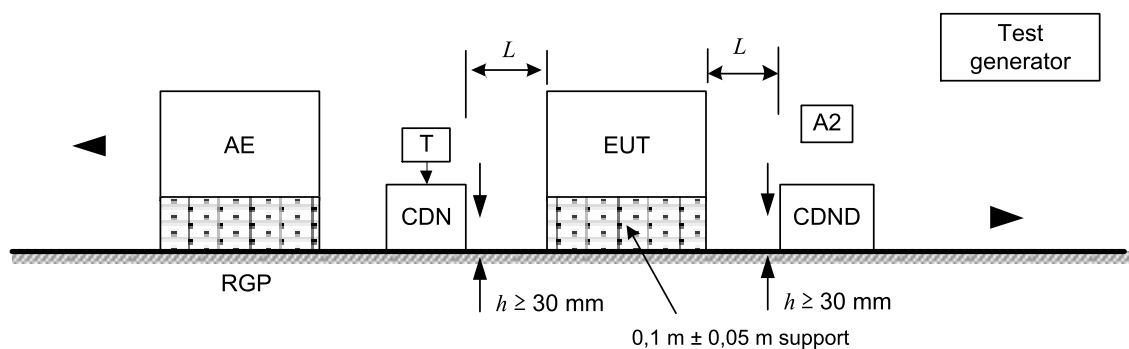
The source of disturbance covered by this standard is basically an intended and/or unintended conducted broadband disturbance superimposed on the mains line to the AC mains port of the EUT.

For example, the signals generated by PLT systems are intentionally-generated broadband disturbances, whereas other electrical and electronic equipment connected to the AC mains network may emit unintentional broadband disturbances.

NOTE Power line telecommunications (PLT) is also known as broadband power line (BPL) and as power line communication (PLC).

Even when the broadband signal is intended to be differential, the unbalance of the mains converts part of it into a common mode signal. To take this phenomenon into account, the disturbance signal is injected through a coupling/decoupling network for differential mode coupling (CDND) having a longitudinal conversion loss (LCL) similar to a typical mains distribution network (see Figure 1).

The characteristics of the CDND are given in 6.2.



IEC

Key

A2 optional power attenuator

 L $0,1 \text{ m} \leq L \leq 0,3 \text{ m}$ T termination 50Ω

CDND coupling and decoupling network for injection of the test signal primarily in differential mode

CDN coupling and decoupling network as prescribed in IEC 61000-4-6

Figure 1 – Immunity test to broadband conducted disturbances

With the EUT connected to the CDND, a power attenuator (A2 in Figure 1) of 3 dB or larger shall be inserted between the test generator and the CDND, unless it can be shown that the voltage standing wave ratio (VSWR) due to the mismatch between the test generator and the CDND is ≤ 2 .

5 Test levels

The level of the broadband test signal to be applied to the AC power ports under test over the selected frequency range of interest is defined by its power spectral density (PSD) expressed in dBm/Hz and shall be selected from column 2 of Table 1.

For convenience, the test levels are also given for the whole frequency range from 150 kHz to 80 MHz in equivalent voltage spectrum expressed in dB (μV)/100 kHz (see column 3 of Table 1), and in total forward power expressed in dBm (see column 4 of Table 1).

These values were derived in a 50Ω system using Formula (1) and need to be recalculated if a different or reduced frequency range is selected for the test.

For more details regarding the verification of test levels see also Figure 11.

Table 1 – Test levels

Frequency range 150 kHz to 80 MHz			
Level	Power spectral density dBm/Hz	Equivalent voltage spectrum density dB (μV)/100 kHz	Total forward power dBm
1	–60	97	19
2	–50	107	29
3	–40	117	39
x^a	Special	Special	Special
NOTE The requirements are in column 2; columns 3 and 4 are added for convenience.			
^a "x" can be any level, above, below or in between the others. The level has to be specified in the dedicated equipment specification.			

An example of a broadband test signal is shown in Figure 2.

In particular cases of intentional broadband disturbances, product committees may specify a suitable limited frequency range for testing the EUT.

The total forward power for a given power spectral density and selected frequency range can be calculated using Formula (1).

$$P_{TF} = P_{SD} + 10 \log \left(\frac{f_{\text{stop}} - f_{\text{start}}}{1 \text{ Hz}} \right) \quad (1)$$

where

P_{TF} is the total forward power, in dBm;

P_{SD} is the power spectral density, in dBm/Hz;

f_{stop} is the upper frequency of the test frequency band, in Hz; and

f_{start} is the lower frequency of the test frequency band, in Hz.

The setting procedure of the test levels at the EUT port of the coupling device (CDND) is described in 6.4.

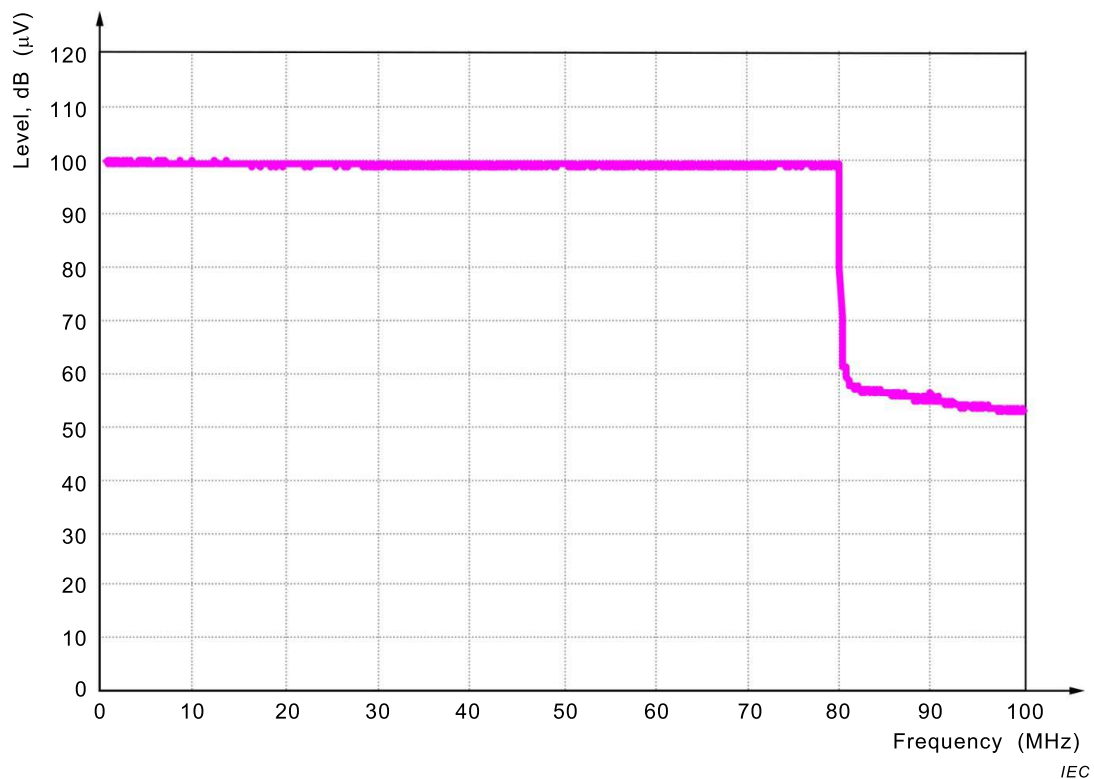


Figure 2 – Example of voltage spectrum of a broadband test signal measured with a 120 kHz resolution bandwidth

6 Test equipment and level setting procedures

6.1 Test generator

The test generator (see Figure 3) includes all the necessary equipment and to provide a broadband input to the CDND that causes the required test signal to be applied to the EUT with the required level, frequency range, modulation, etc.

A typical arrangement comprises the following items which may be separate or integrated into one or more test instruments:

- a white noise source, G1, capable of generating a broadband signal over the frequency band of interest. The parameters can be set by manual control or programmable control (e.g. frequency band, amplitude). For more details, see Annex B.
- a pulse modulation capability of 1 Hz and 2 Hz (50 % duty cycle);
- a variable attenuator, A1, (typically from 0 dB to 40 dB) to control the output level of the generated disturbing source, and which is optional;
- an RF switch, S1, by which the disturbing broadband signal can be switched on and off when evaluating the immunity of the EUT. S1 may be included in G1 and is optional;
- a broadband power amplifier, PA, which may be necessary to amplify the signal if the output power of the G1 is insufficient;
- a low-pass filter (LPF), and/or a high-pass filter (HPF), which may be necessary to avoid interference caused by (higher order or sub-) harmonics with some types of EUT, for example RF receivers. When required, they shall be inserted between the output of the broadband power amplifier, PA, and the coupling device (CDND).

The characteristics of the test generator are given in Table 2.

Table 2 – Characteristics of the test generator

Output impedance	50 Ω typical, VSWR < 2
Broadband signal flatness	Within 150 kHz and 80 MHz or capable of covering the frequency band of interest. The flatness of the output signal shall be within ± 3 dB.
Out-of-band contribution above 80 MHz	The output of the test generator shall be at least 20 dB below the specified test level for all frequencies above 100 MHz. Between 80 MHz and 100 MHz the output of the test generator shall not be greater than 3 dB above the target signal level.
Out-of-band contribution below 150 kHz	This contribution is not significant.
If a product committee selects a dedicated frequency range different from 150 kHz to 80 MHz, then the frequency limits for out-of-band contribution should be adjusted accordingly. For example, the out-of-band contribution to the test signal at the output of the test generator should be reduced by at least 20 dB at 37,5 MHz if 30 MHz is chosen as the maximum frequency of the intended test signal.	

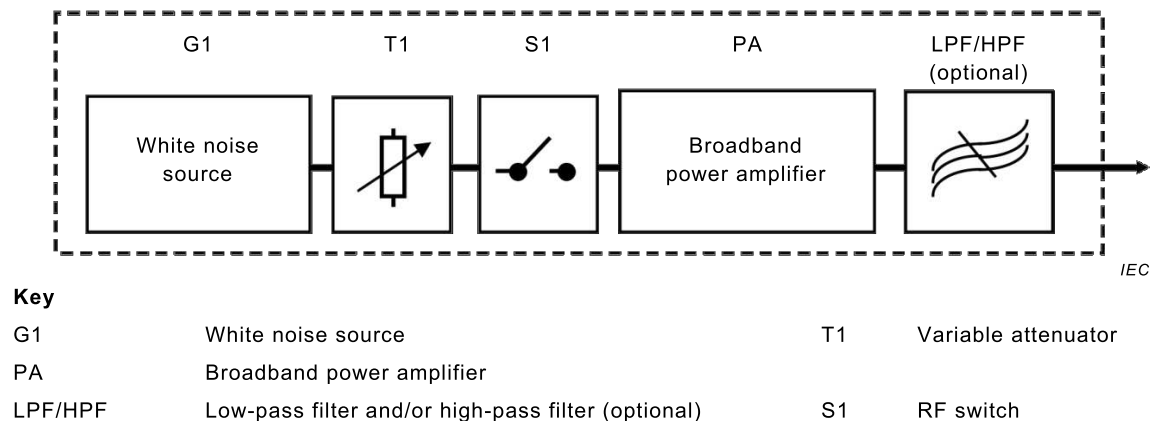


Figure 3 – Principle of the test generator

6.2 Coupling and decoupling devices

6.2.1 General

Coupling devices shall be used to apply the broadband test signal over the frequency range of interest, with a defined common mode and differential mode impedance at the EUT port under test.

Decoupling devices shall be used to prevent the other devices, equipment and systems that are not under test from being disturbed by the test signal.

The coupling and decoupling devices can be combined into one box (a coupling/decoupling network) or can consist of several parts. The preferred coupling and decoupling devices are CDNDs for AC ports and CDNs for all other ports, this is to ensure reproducibility of the test and protection of the AE.

Coupling and decoupling devices shall be used for the following two purposes:

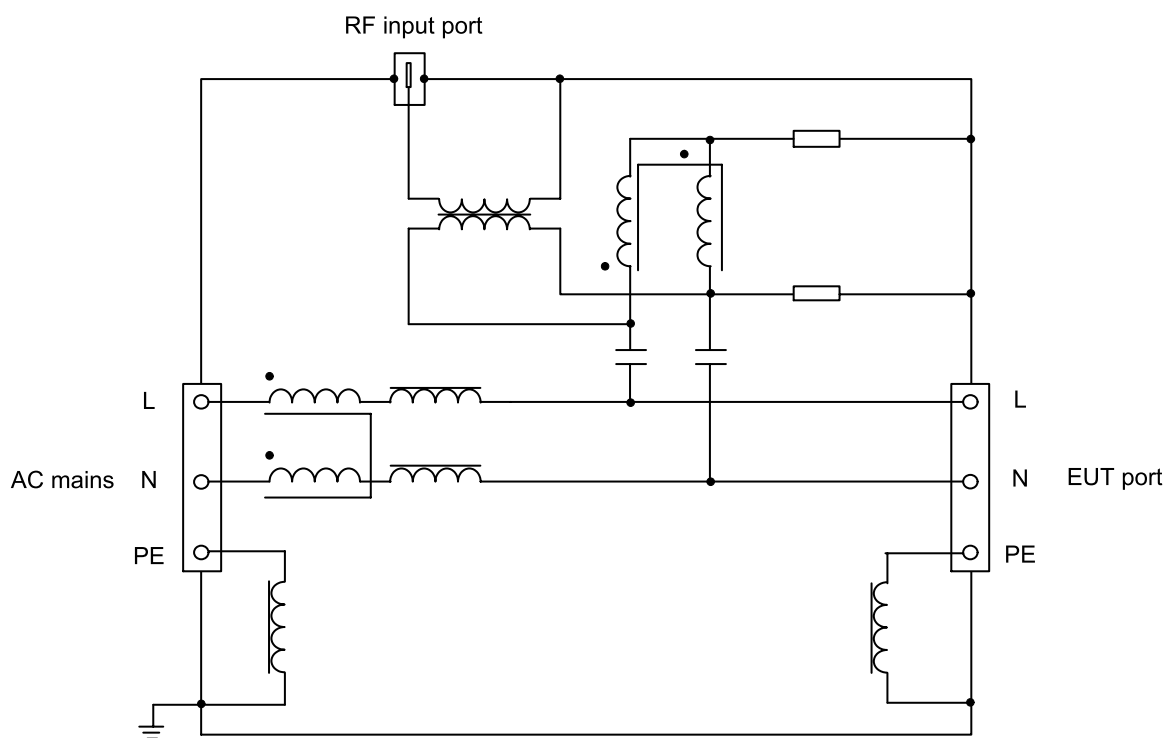
- CDNDs shall be used for the purpose of applying the broadband test signal into the AC mains port under test of the EUT and, where applicable, for decoupling or terminating the AC cables not under test.
- CDNs shall be used for the purpose of decoupling or terminating all other cables (other than AC cables) not under test.

6.2.2 CDND for the port under test

A CDND combines the coupling and decoupling functions in one box and is used to inject the broadband test signal into the AC mains port of the EUT. The CDND shall have a longitudinal conversion loss (LCL) of 16 dB in order to inject the common mode signal as well as the differential mode signal simultaneously. Table 3 and Figure 4 show the basic requirements for CDND and an example of a simplified diagram, respectively.

Table 3 – Specification of the main parameters of the CDND for current ≤ 16 A

Parameter	Common mode (L + N to PE)	Differential mode (L to N)
Frequency range	150 kHz to 80 MHz	150 kHz to 80 MHz
Impedance (EUT port)	$25 \Omega \pm 3 \Omega$ $0^\circ \pm 25^\circ$	$100 \Omega \pm 25 \Omega$ $0^\circ \pm 25^\circ$
Insertion loss (RF input port – EUT)	–	$3 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$
Isolation (AC mains port – EUT port)	$> 15 \text{ dB}$	$> 15 \text{ dB}$
Longitudinal conversion loss (EUT port)	$16 \text{ dB} \pm 3 \text{ dB}$	



IEC

L, N and PE are mains terminal connections

Figure 4 – Example of simplified diagram for the circuit of CDND

6.2.3 Coupling/decoupling networks (CDNs) for cables that are not under test

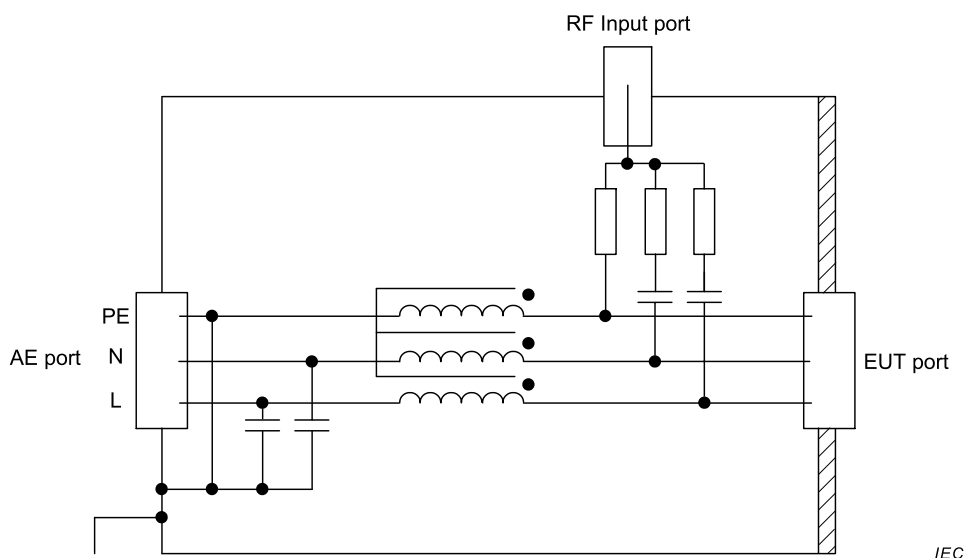
6.2.3.1 General

These networks comprise the coupling and decoupling circuits in one box. An example of a coupling and decoupling network for the use on power ports (other than AC mains) is given in Figure 5. Table 4 summarizes the usage of the different types of CDNs as outlined in IEC 61000-4-6:2013, Annex D. The CDNs selected shall not unduly affect the functional signals. Constraints on such effects may be specified in the product standards.

The CDNs used in 6.2.3 for decoupling circuits or for defining the common mode impedance of the EUT shall be as specified in IEC 61000-4-6.

Table 4 – Usage of CDNs

Line type	Examples	CDN-type
Power ports (other than AC mains) and earth connection	24 V DC in industrial installations, earth connection	CDN-Mx (see IEC 61000-4-6:2013, Figure D.2)
Screened cables	Coaxial cables, cables used for LAN- and USB connections. Cables for audio systems	CDN-Sx (see IEC 61000-4-6:2013, Figure D.1)
Unscreened balanced lines	ISDN-lines, telephone lines	CDN-Tx (see IEC 61000-4-6:2013, Figures D.4, D.5, D.7 and Annex H)
Unscreened unbalanced lines	Any line not belonging to other groups	CDN-AFx or CDN-Mx (see IEC 61000-4-6:2013, Figures D.3 and D.6)



L, N and PE are mains terminal connections

Figure 5 – Example of coupling and decoupling network for power ports other than AC mains

6.2.3.2 CDNs for power supply lines other than AC mains

Coupling/decoupling networks such as CDN-M1, CDN-M2 and CDN-M3 as prescribed in IEC 61000-4-6 shall be used for all power supply connections except the AC mains ports.

6.2.3.3 Unscreened balanced lines

For coupling and decoupling signals to an unscreened cable with balanced lines, CDN-T2, CDN-T4 or CDN-T8 shall be used as specified in IEC 61000-4-6:

- CDN-T2 for a cable with 1 symmetrical pair (2 wires);
- CDN-T4 for a cable with 2 symmetrical pairs (4 wires);
- CDN-T8 for a cable with 4 symmetrical pairs (8 wires).

6.2.3.4 Coupling and decoupling for unscreened unbalanced lines

For coupling and decoupling signals to an unscreened cable with unbalanced lines, a suitable CDN-X as defined in IEC 61000-4-6 can be used, for example CDN-AF2 for two wires or CDN-AF8 for 8 wires.

6.2.3.5 Coupling and decoupling for screened cables

For coupling and decoupling signals to a screened cable, for example, CDN-S1 can be used as prescribed in IEC 61000-4-6.

6.2.3.6 Decoupling networks

The decoupling network generally comprises several inductors to create and maintain a high impedance value over the testing frequency range. This inductance determined by the ferrite material used shall be at least 280 μH at 150 kHz.

The reactance shall remain high, $\geq 260 \Omega$ up to 24 MHz and $\geq 150 \Omega$ above 24 MHz. The inductance can be achieved either by having a number of windings on ferrite toroids or by using a number of ferrite toroids over the cable (usually as a clamp-on tube).

NOTE The specification for clamps is given in IEC 61000-4-6.

The CDNs can be used as decoupling networks with the RF input port left unloaded. When CDNs are used in this way, they shall meet the requirements of IEC 61000-4-6.

6.3 Verification of the test systems

6.3.1 General

The test system (including the test generator and the CDND) shall have the capability to apply a constant and flat broadband test signal to the AC mains port of the EUT over the test frequency range.

The characteristics of the test generator and the CDND are described in 6.1 and 6.2.2 and parameters are given in Tables 2 and 3 respectively.

The verification of the flatness and level setting of the broadband test signal applicable to the EUT are described in 6.3.2 to 6.4.

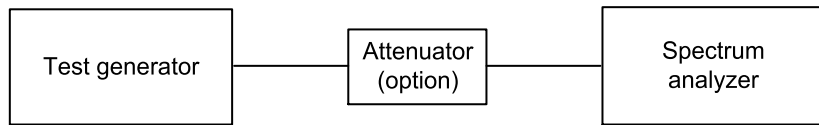
6.3.2 Verification procedure of test generator flatness

The broadband signal provided by the test generator to the CDND shall satisfy the flatness requirement of $\pm 3\text{dB}$ over the test frequency range.

The verification of the signal flatness over the test frequency range shall be performed using a spectrum analyser and measured in a resolution bandwidth of $(100 \pm 30) \text{ kHz}$.

The measurement set-up is illustrated in Figure 6a), and the typical output test generator signal is illustrated in Figure 6b).

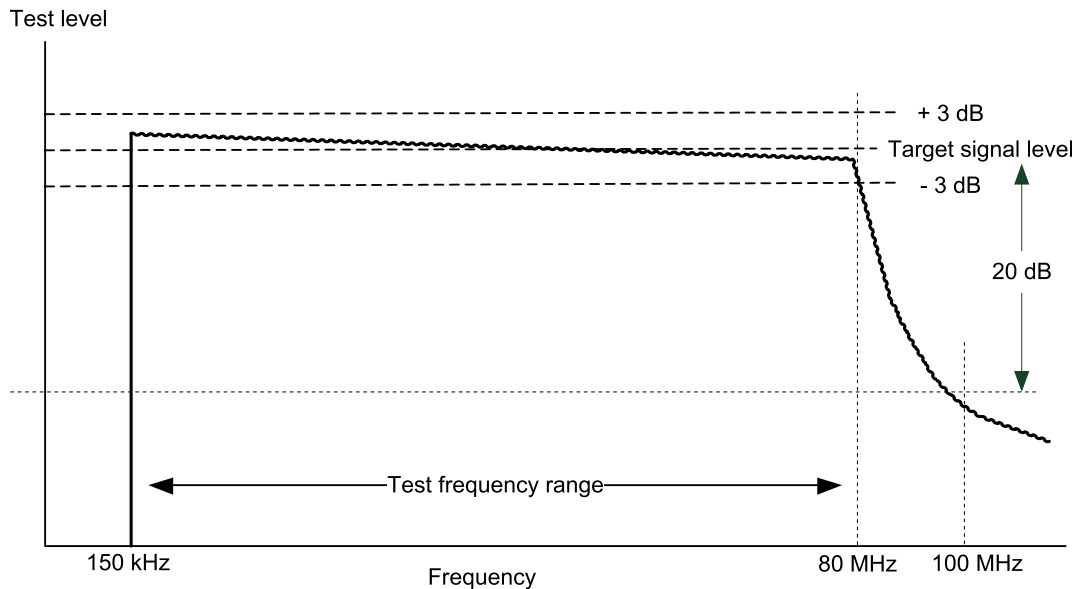
NOTE Information on test signal generation is given in Annex B.



IEC

The optional attenuator is selected to prevent overload or damage of the spectrum analyzer.

Figure 6a) – Set-Up for the verification of the output broadband signal of test generator



IEC

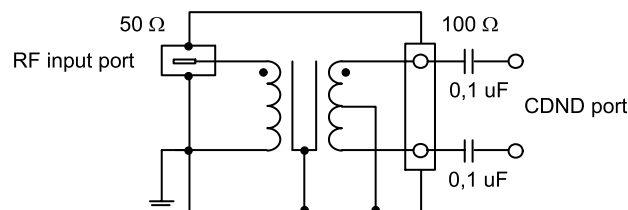
Figure 6b) – Typical spectrum of the output broadband signal of test generator

Figure 6 – Test set-up regarding test generator flatness and typical test signal

6.3.3 Verification procedure of the insertion loss of the CDND using transformer jigs

Transformer jigs shall be used to verify the symmetrical signal level coupled between line and neutral and the characteristics of the injection coupling system (which in part includes the CDND). When a test signal is injected into the RF input port of a CDND, the transformer jig is used to verify the symmetrical signal level coupled between L and N.

These transformer jigs convert the input impedance from an asymmetrical $50\ \Omega$ input/output into a symmetrical $100\ \Omega$ input/output over the whole applicable test frequency range. An example of a circuit for the transformer jig is shown in Figure 7.



IEC

Figure 7 – Typical circuit diagram of the transformer jig showing $50\ \Omega$ side and $100\ \Omega$ side of the transformer and 2 pcs $0,1\ \mu$ F coupling capacitors

The insertion loss of the transformer jigs shall be measured according to the principle given in Figures 8a) to 8c). Three independent measurements shall be performed in order to determine the insertion loss of each transformer jig as well as the CDND.

First, the vector network analyzer (VNA) shall be calibrated at the cable ends using a full 2-port through-open-short-match (TOSM) calibration. The VNA may be replaced by a signal generator and a receiver, if a VNA is not available. Then, the measurements according to the principle given in Figures 8a) to 8c) shall be performed (the AC mains port of the CDND is differentially terminated with $100\ \Omega$). The insertion loss of the transformer jigs and the CDND is calculated as follows:

Transformer jig 1: $A_1 = 0,5 \times (A_{12} + A_{13} - A_{23})$

Transformer jig 2: $A_2 = 0,5 \times (A_{12} + A_{23} - A_{13})$

CDND: $A_3 = 0,5 \times (A_{13} + A_{23} - A_{12})$

where

A_1 is the insertion loss of transformer jig 1;

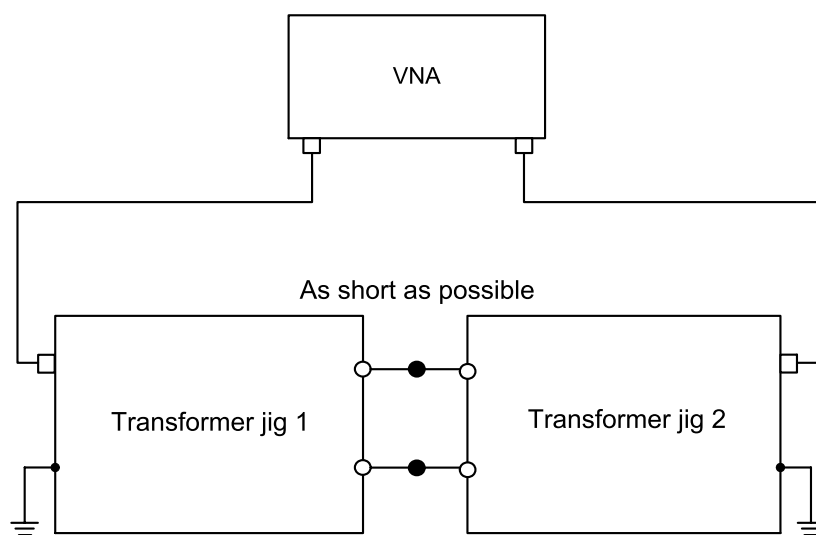
A_2 is the insertion loss of transformer jig 2;

A_3 is the insertion loss of the CDND;

A_{12} is the sum of insertion losses of transformer jig 1 and Transformer jig 2 (see Figure 8a));

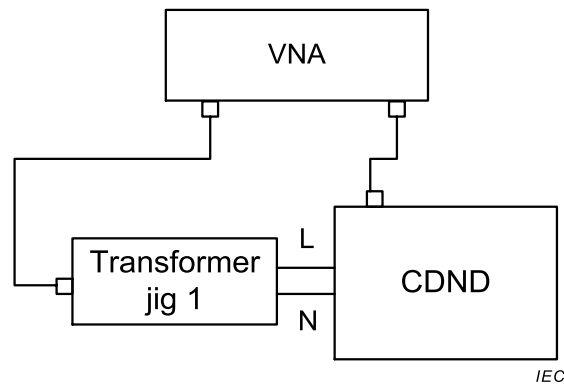
A_{13} is the sum of insertion losses of transformer jig 1 and CDND (see Figure 8b));

A_{23} is the sum of insertion losses of transformer jig 2 and CDND (see Figure 8c)).



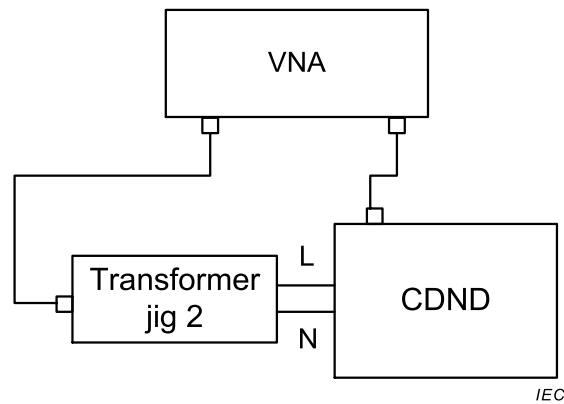
IEC

Figure 8a) – Insertion loss measurement set-up of the transformer jig measurement A_{12}



L and N are mains terminal connections

Figure 8b) – Insertion loss measurement set-up of the transformer jig measurement A13



L and N are mains terminal connections

Figure 8c) – Insertion loss measurement set-up of the transformer jig measurement A23

Figure 8 – Transformer jig specifications

The insertion loss of the transformer jigs shall be less than 1 dB over the applicable frequency range. The flatness of the insertion loss of the CDND shall not exceed ± 1 dB. Typical values for the insertion loss of the CDND are in the range of 2 dB to 4 dB.

6.3.4 Insertion loss of the injection coupling system

In order to verify the insertion loss of the injection coupling system, the test set-up as shown in Figure 9 shall be used.

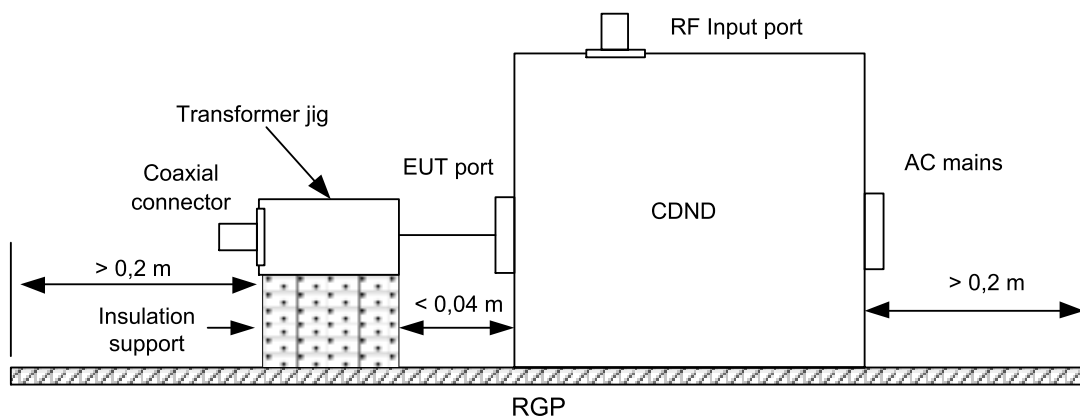
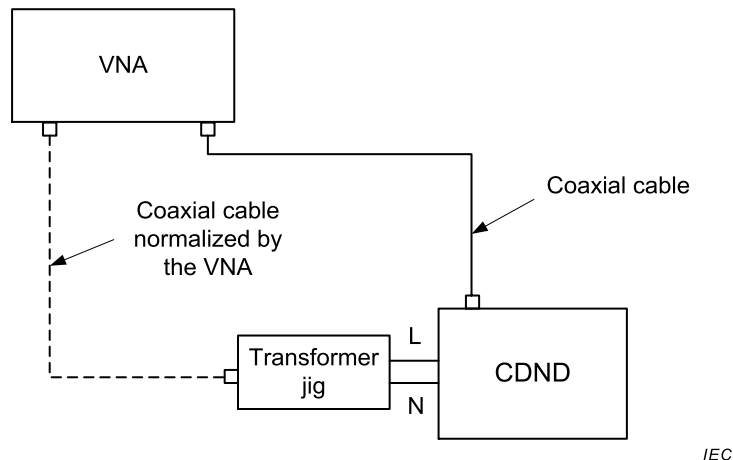


Figure 9 – Example of the set-up geometry to verify the insertion loss of the injection coupling system

The reference ground plane shall extend at least 0,2 m beyond the perimeter of the set-up. The height of the insulation support under the transformer jig is adjusted to minimize the cable length between the transformer jig and the CDND.

The flatness of the insertion loss of the injection coupling system (comprising the coaxial cables, the attenuator, the CDND and the transformer jig) used for testing shall be verified using a vector network analyser (VNA) as illustrated in Figure 10, and shall be within $\pm 3,0$ dB.

NOTE The VNA can be replaced by a signal generator and a receiver.



L and N are mains terminal connections

Figure 10 – Set-up for the evaluation of the total insertion loss of the injection coupling system

6.4 Test level setting procedure

6.4.1 General

For the correct setting of the level of broadband signal injected by the test generator at the RF input port of the CDND, the procedure in 6.4.2 shall be applied. It is assumed that the test generator, the CDND and the transformer jig comply with the requirements of 6.2 and 6.3.

6.4.2 Setting of the output level at the EUT port of the CDND

The set-up used to adjust the output power of the broadband signal to the required level for testing is given in Figure 11.

The test generator shall be connected to the RF input port of the CDND. The EUT port of the CDND shall be connected through the transformer jig to the measuring equipment having a $50\ \Omega$ input impedance. The AC mains port of the CDND shall be loaded with a second transformer jig, terminated with $50\ \Omega$.

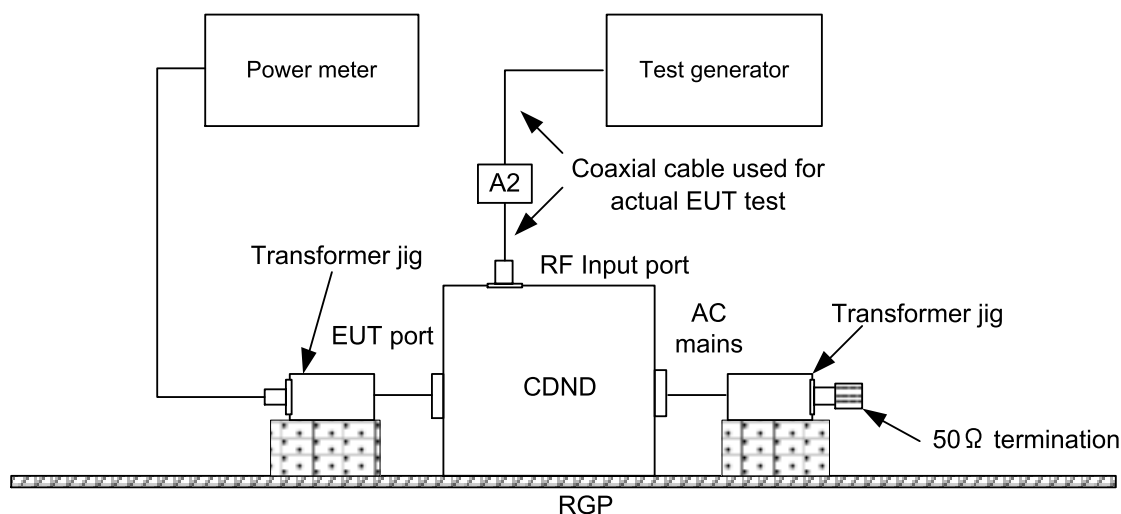
The broadband test signal power measurement should preferably be performed using a thermocouple type power meter. Other power meter types may be used, if their suitability (especially linearity) is proven.

Using the described set-up and the following measurement procedure, the test generator shall be adjusted to yield the following reading on the measuring equipment.

The steps to be followed are:

- The target total forward power is calculated using Formula (1) in Clause 5, according to a selected test level of Table 1 and for the frequency range of interest for testing the EUT.

- b) The output of the test generator shall be adjusted to get a total forward power reading measured by the power meter at the output of the transformer jig connected to the EUT port of the CDND as determined in step a) (see Figure 11). The generator settings required to achieve that test level shall be recorded and shall be used for testing the EUT.



IEC

Key

A2 optional power attenuator

Figure 11 – Set-up for level setting

7 Test set-up and injection methods

7.1 Test set-up

The EUT shall be placed on an insulating support of $(0,1 \pm 0,05)$ m height above a reference ground plane. A non-conductive roller/caster in the range of $(0,1 \pm 0,05)$ m above the reference ground plane can replace the insulating support. All cables exiting the EUT shall be supported at a height of at least 30 mm above the reference ground plane.

If the equipment is designed to be mounted in a panel, rack or cabinet, then it shall be tested in this configuration. When a means is required to support the test sample, such support shall be constructed of a non-metallic, non-conducting material.

The cable attached to the AC mains port under test of the EUT shall be connected to the CDND EUT port for applying the broadband test signal. In case of multiple AC mains port, each cable shall be connected to a CDND. All other cables shall be connected to CDNs and/or decoupling devices. They shall be located between 0,1 m and 0,3 m from the EUT (distance L in this standard). This distance is to be measured horizontally from the projection of the EUT onto the reference ground plane to the CDND, CDNs and/or decoupling devices. See Figure 13 for additional reference.

NOTE Distance L is not necessarily the same on all sides of the EUT, but is between 0,1 m and 0,3 m.

7.2 EUT comprised of a single unit

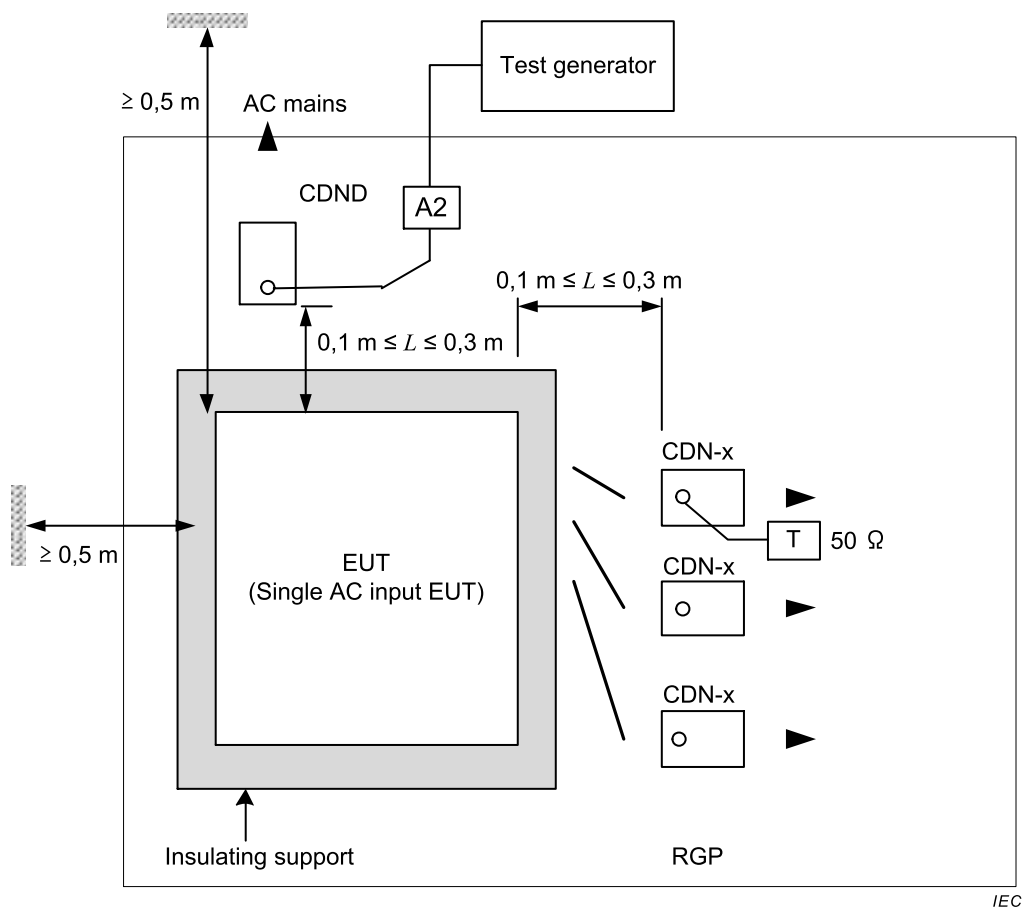
The EUT shall be placed on an insulating support above the reference ground plane. For table-top equipment, the reference ground plane may be placed on a table (see Figure 12). Only one CDN or CDND shall be terminated (see 7.4).

The coupling and decoupling devices shall be placed on the reference ground plane, making direct contact with it, at a distance of 0,1 m to 0,3 m from the EUT. The cables between the coupling and decoupling devices and the EUT shall be as short as possible and shall not be

bundled or wrapped. They shall be placed or supported at a height of at least 0,03 m above the reference ground plane. If the EUT is provided with other earth terminals, they shall, when allowed, be connected to the reference ground plane through the coupling and decoupling network CDN-M1.

If the EUT is provided with a keyboard or hand-held accessory, then the artificial hand shall be placed on this keyboard or wrapped around the accessory and connected to the reference ground plane.

The auxiliary equipment (AE) required for the defined operation of the EUT according to the specifications of the product committee (communication equipment, modem, etc.), as well as the auxiliary equipment necessary for ensuring any data transfer and assessment of the functions, shall be connected to the EUT through coupling and/or decoupling devices. At least one of each type of physical ports should be connected to a cable, and decoupled as described in 7.1.



Key

T termination 50 Ω

A2 optional power attenuator

The EUT clearance from any metallic objects other than the test equipment shall be at least 0,5 m. Only one of the CDNs not used for injection shall be terminated with 50 Ω providing only one return path. All other CDNs shall be configured as decoupling networks.

Figure 12 – Example of test set-up for an EUT comprised of a single unit (top view)

7.3 EUT comprised of several units

Equipment comprised of several units, which are interconnected, shall be tested using one of the following methods.

- The units being part of such an EUT shall be placed as close as possible to each other without making contact, all on the insulating support. The interconnecting cables of these units shall also be placed on the insulating support.

The diagram illustrates the test setup for the proposed method. The setup is enclosed in a shielded box (RGP) on an insulating support. Inside the box, EUT 1 (ex. PC) and EUT 2 (ex. monitor) are connected to a Test generator via a CDND and a 50 Ω resistor. EUT 3 (ex. keyboard) is connected to an Artificial hand, which is connected to a 510 Ω resistor and a 220 pF capacitor. The Test generator is connected to the AC mains. Dimensions are specified: distance from AC mains to the box is $\geq 0,5$ m; distance from the box to the Test generator is $0,1 \text{ m} \leq L \leq 0,3 \text{ m}$; distance from the box to the AC mains is $\geq 0,5$ m. The box is labeled RGP.

A2 optional power attenuator

Interconnecting cables (≤ 1 m) belonging to the EUT shall remain on the insulating support.

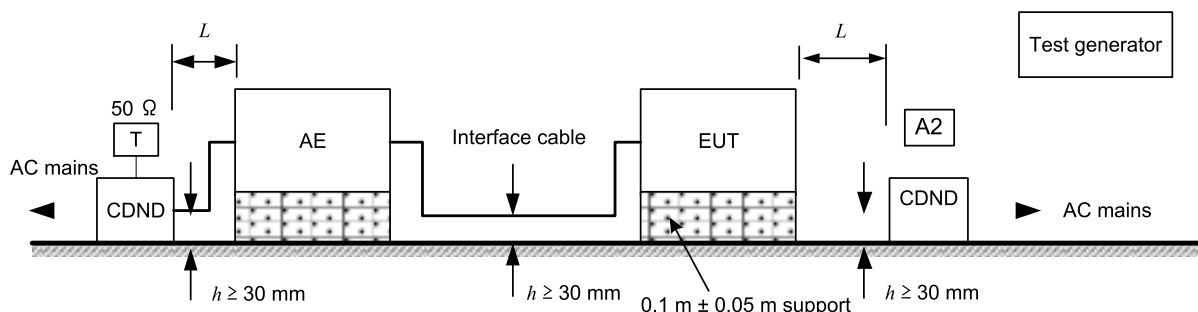
Copyright International Electrotechnical Commission

7.4 CDN and CDND termination application

Only one of the CDNs or CDNDs that are connected via cables to ports not under test shall be terminated with $50\ \Omega$. All other cables connecting untested ports shall be decoupled using a CDN and/or decoupling devices (see IEC 61000-4-6).

The CDN or CDND to be terminated shall be chosen according to the following priority:

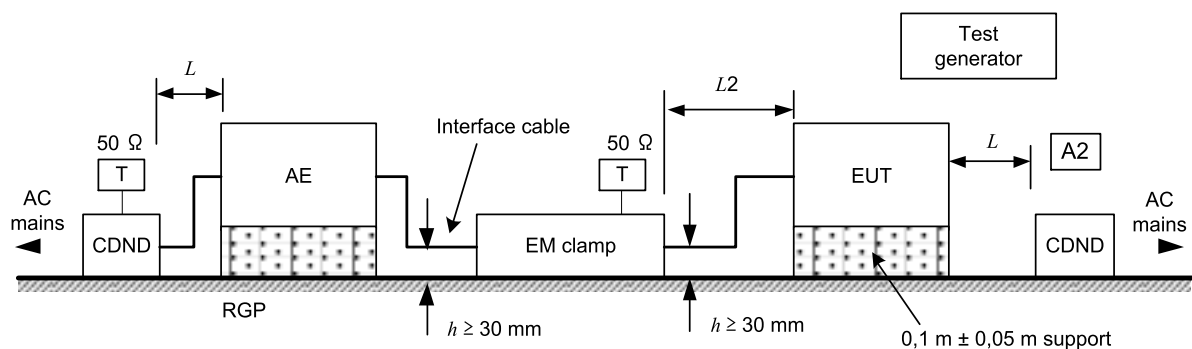
- 1) CDND used for connection to AC mains port (not under test);
- 2) CDN-M1 used for connection of the earth terminal;
- 3) CDN- S_n ($n = 1, 2, 3, \dots$): If the EUT has several CDN- S_n ports, the port which is closest to the port selected for injection (shortest geometrical distance) shall be used;
- 4) CDN-M2 used for connection to DC mains port;
- 5) Other CDNs connected to the port which is the closest to the port selected for injection (shortest geometrical distance).
 - If the AE is directly connected to the EUT (e.g. no decoupling on the connection between them as shown in Figure 14a)), then it is to be placed on the insulating support ($0,1 \pm 0,05$) m above the reference ground plane and grounded via a terminated CDN.
 - If the AE is connected to the EUT via a CDN, then its arrangement is not generally critical and it can be connected to the reference ground plane in accordance with the manufacturer's installation requirements.
 - If the EUT has only one port (i.e. one AC mains port), that port is connected to the CDND used for injection.
 - If the EUT has two ports and only one CDND can be connected to the EUT, the other port shall be connected to an AE that has one of its other ports connected to a CDND (AC mains port) or a CDN terminated with $50\ \Omega$ in accordance with the above-mentioned priority (see Figure 14a)). All other connections of the AE shall be decoupled. If an AE connected to the EUT shows an error during the test, a decoupling device (preferably a terminated EM clamp) should be connected between the EUT and the AE (see Figure 14b)).
 - If the EUT has more than two ports and only one CDND can be connected to the EUT, it shall be tested as described for two ports but all other EUT ports shall be decoupled. If an AE connected to the EUT shows an error during the test, a decoupling device (preferably a terminated EM clamp) should be connected between EUT and AE, as mentioned above.



IEC

The interface cable shall be 1 m long if possible.

Figure 14a) – Schematic set-up for a 2-port EUT connected to only one CDND



IEC

Figure 14b) – Schematic set-up when an AE shows errors during the test

Key

L	$0,1 \text{ m} \leq L \leq 0,3 \text{ m}$	$L2$	$L2 \leq 0,3 \text{ m}$
A2	optional power attenuator	T	termination 50Ω

Figure 14 – Immunity test to a 2-port EUT (when only CDNDs can be used)

8 Test procedure

The testing shall be performed according to a test plan.

Attempts should be made to fully exercise the EUT during testing, and to fully interrogate all exercise modes selected for susceptibility.

Preliminary investigations on all testing aspects and the use of a special exercising program may be required.

The EUT shall be tested under its intended operating and climatic conditions.

Local interference regulations shall be adhered to with respect to the radiation from the test set-up. If the radiated energy exceeds the permitted level, a shielded enclosure shall be used.

NOTE Generally, this test can be performed without using a shielded enclosure. This is because the disturbance levels applied and the geometry of the set-ups are not likely to radiate a high amount of energy, especially at the lower frequencies.

The test shall be performed with the test generator providing the test signal to the RF input port of the CDND connected to the AC mains network. All other connected ports not under test shall be treated as described in 7.4.

An LPF and/or a HPF may be required at the output of the test generator to prevent (higher order or sub-) harmonics from disturbing the EUT. The band stop characteristics of the LPF shall be sufficient to suppress the harmonics so that they do not affect the results. These filters shall be in place with the test generator when setting the test level.

The broadband test signal shall be applied to the EUT according to the test level selected in the frequency range of interest and using the total forward power established by the test level setting procedure given in 6.4.2. The pulse modulation selected by the product committee is applied to the test signal during the dwell time. Pulse modulation is intended to simulate the keying behaviour of a disturbance signal. The dwell time for application of the broadband immunity test signal shall not be less than the time necessary for the EUT to be exercised and to respond and shall in no case be less than 60 s.

9 Evaluation of the test results

The test results shall be classified in terms of the loss of function or degradation of performance of the equipment under test, relative to a performance level defined by its manufacturer or the requestor of the test or by agreement between the manufacturer and the purchaser of the product. The recommended classification is as follows:

- a) normal performance within limits specified by the manufacturer, requestor or purchaser;
- b) temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the equipment under test recovers its normal performance, without operator intervention;
- c) temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;
- d) loss of function or degradation of performance which is not recoverable, owing to damage to hardware or software, or loss of data.

The manufacturer's specification may define effects on the EUT which may be considered insignificant, and therefore acceptable.

This classification may be used as a guide in formulating performance criteria, by committees responsible for generic, product and product-family standards, or as a framework for the agreement on performance criteria between the manufacturer and the purchaser, for example where no suitable generic, product or product-family standard exists.

10 Test report

The test report shall contain all the information necessary to reproduce the test. In particular, the following shall be recorded:

- identification of the EUT and any associated equipment, for example brand name, product type, serial number;
- representative operating conditions of the EUT;
- whether the EUT is tested as a single or multiple unit;
- the types of interconnecting cables, including their length, and the interface port of the EUT to which they were connected;
- any specific conditions for use, for example cable length or type, shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance;
- the recovery time of the EUT if necessary;
- the type of test facility used and the position of the EUT, AE(s) and coupling and decoupling devices;
- identification of the test equipment, for example brand name, product type, serial number;
- the coupling and decoupling devices used on each cable;
- for each injection port, indicate which decoupling devices were terminated in 50 Ω ;
- a description of the EUT exercising method;
- any specific conditions necessary to enable the test to be performed;
- the frequency range of application of the test;
- the rate of dwell time;
- the applied test level;
- the performance level defined by the manufacturer, requestor or purchaser;
- the performance criteria that have been applied;

- any effects on the EUT observed during or after application of the test disturbance and the duration for which these effects persist;
- the rationale for the pass/fail decision (based on the performance criterion specified in the generic, product or product-family standard, or agreed between the manufacturer and the purchaser).

Annex A (informative)

Measurement uncertainty of the power spectral density test level

A.1 General

Annex A gives information related to measurement uncertainty (MU) of the power spectral density generated by the test instrumentation according to the particular needs of the test method contained in the main body of the standard. Further information about MU can be found in [1, 2 and 3]¹.

Annex A focuses on the uncertainties for level setting as an example and shows how an uncertainty budget can be prepared based both upon the measurement instrumentation uncertainty and the power spectral density test level setting procedure described in 6.4.

The subject of Annex A is the evaluation of MU of the injected power set in the case of 100 Ω EUT impedance, as required by the test level setting procedure in 6.4. The analysis of non-reproducibility issues, related to tests made by different laboratories on the same EUT are not in the scope of Annex A.

A.2 Uncertainty budgets for test methods

A.2.1 General symbols

The general symbols that appear in Table A.1 and listed below are a subset of those defined in [1].

X_i	is the input quantity;
x_i	is the estimate of X_i ;
$u(x_i)$	is the standard uncertainty of x_i ;
c_i	is the sensitivity coefficient;
y	is the result of a measurement, (the estimate of the measurand), corrected for all recognized significant systematic effects;
$u_c(y)$	is the (combined) standard uncertainty of y ;
$U(y)$	is the expanded uncertainty of y ;
k	is the coverage factor.

A.2.2 Definition of the measurand

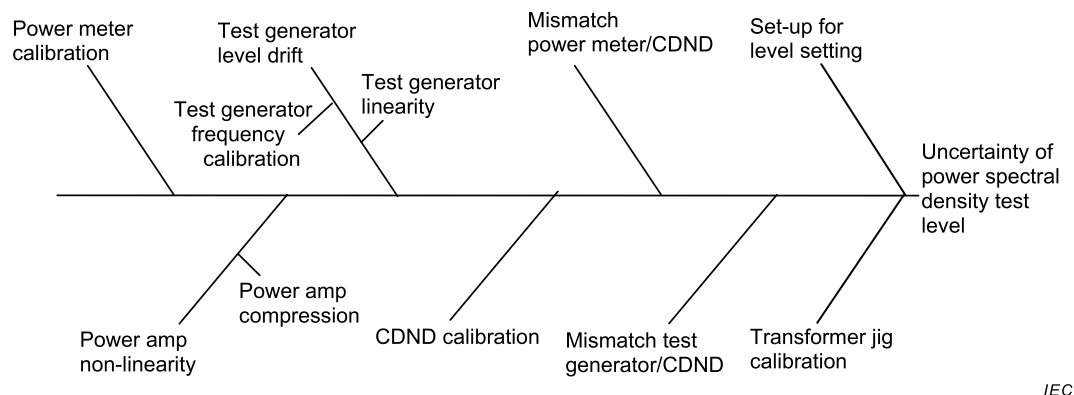
The measurand is the power spectral density SD as defined in Clause 5 and supplied to a 100 Ω load through the EUT port of the CDND.

A.2.3 MU contributors of the measurand

The following influence diagram in Figure A.1 gives examples of influence quantities upon the power spectral density test level. It should be understood that the diagram is not exhaustive. The most important contributors from the influence diagram have been selected for the uncertainty budget calculation example shown in Table A.1. At least these contributors listed in Table A.1 shall be used for the calculation of MU in order to obtain comparable budgets for

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

different test sites or laboratories. It is noted that a laboratory may include additional contributors (for example, Type A) in the calculation of the MU, on the basis of its particular circumstances.



IEC

Figure A.1 – Example of influences upon the power spectral density test level using a CDND

A.2.4 Input quantities and calculation examples for expanded uncertainty

The examples below assume the same instrumentation used in the power spectral density level setting procedure is used for generating the power spectral density test level (the measurement set-up for the power spectral density level setting is that depicted in Figure 11), except for the measuring instrument (thermocouple power meter plus transformer jig), which is absent during the test.

Therefore the level of the power spectral density generated during the test will be affected by the same uncertainty that affects the power spectral density generated in the level setting process. The contribution to measurement uncertainty due to non-repeatability (e.g. caused by drift of the measuring instrumentation) is taken into account.

Table A.1 gives an example of an uncertainty budget for power spectral density level setting.

The model function for the CDND power spectral density SD generated in the level setting process (all quantities in logarithmic units) is:

$$SD = PM_r - IL - \Delta B + PM_{cal} + FL_G + FL_C + R$$

where

- SD is the power spectral density (measurand);
- PM_r is the power meter reading;
- IL is the insertion loss of the transformer jig (6.3.3);
- ΔB is the test frequency band;
- PM_{cal} is the correction for power meter calibration;
- FL_G is the correction for flatness of the test generator (6.3.2);
- FL_C is the correction for flatness of the test instrumentation chain between the test generator output port and the EUT port of the CDND (6.3.4);
- R is the correction for repeatability.

Table A.1 – CDND level setting process

x_i	Description	Limit of error	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
PM_r	Power meter reading	0,1	dB	rectangular	1,73	0,06	dB	1	0,06	dB	0,00
IL	Insertion loss of the transformer jig	0,5	dB	normal $k=2$	2	0,25	dB	1	0,25	dB	0,06
ΔB	Test frequency band	0	dB	normal $k=2$	2	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
PM_{cal}	Power meter calibration	0,2	dB	normal $k=2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
FL_G	Flatness of the test generator	1	dB	rectangular	1,73	0,58	dB	1	0,58	dB	0,33
FL_C	Flatness of the test chain	2	dB	rectangular	1,73	1,16	dB	1	1,16	dB	1,34
R	Repeatability	0,5	dB	normal $k=1$	1	0,50	dB	1	0,50	dB	0,25
$\sum u_i(y)^2$											2,00
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,41
Expanded Uncertainty $U = u(y) \times k, k = 2$											2,83 dB

Explanation of symbols:

- PM_r It is the reading of the thermocouple power meter. The uncertainty of the reading is due to the resolution of the display and instability of the reading itself.
- IL It is the insertion loss of the transformer jig as measured according to the procedure described in clause 6.3.3. The measurement uncertainty of IL is originated from the inaccuracy of the network analyzer and from the common mode current circulating in the measurement set-up. Flatness of IL is accounted by the term FL_C (see below).
- ΔB It is the frequency band occupied by the test signal. The uncertainty of this term is originated from the frequency inaccuracy of the test generator.
- PM_{cal} It is the calibration factor of the power meter. Its uncertainty is reported in the calibration certificate of power meter. It is recommended that calibration uncertainty, non-linearity, and drift are taken into account when calculating the combined uncertainty of this term. It is assumed that the calibration factor remains essentially constant within the test frequency band. If calibration factor variation within the test frequency band cannot be neglected, the corresponding uncertainty contribution will be calculated and incorporated.
- FL_G It is the correction for the flatness of the test generator (see 6.3.2). Its expected value is 0 dB, and its upper and lower limits can be obtained from measurement or specification, if available.
- FL_C It is the correction for the flatness of the test instrumentation chain between the test generator output port and the EUT port of the CDND. Its expected value is 0 dB, and its upper and lower limits can be obtained from the insertion loss measurement described in 6.3.4.
- R It is the correction for non-repeatability of the measurement set-up and test instrumentation. Its expected value is 0 dB and its standard deviation is evaluated through several and independent repetitions of the level setting process. Repetitions should be conceived so that the main causes of non-repeatability are detected, such as environmental changes (temperature and humidity), cable connectors, drift of electronic instrumentation, different operators, and different layout.

A.3 Expression of the calculated measurement uncertainty and its application

MU is calculated in logarithmic units to make it homogeneous with the uncertainty contributions to power spectral density test level uncertainty (e.g. power meter amplitude specification and adapter insertion loss calibration) usually expressed in dB. Hence, the best estimate shall also be expressed in logarithmic units (e.g. dBm/Hz).

The power spectral density shall be reported in terms of the best estimate and its expanded uncertainty.

An example of the presentation of measurement uncertainty is given in the example below:

In logarithmic units:

$$SD = -49,3 \text{ dBm/Hz} \pm 2,8 \text{ dB}$$

This corresponds, in linear scale, to:

$$SD = 11,7 \text{ nW/Hz} + (32 \%) - (48 \%)$$

The calculated MU may be used for a variety of purposes, for example as indicated by product standards or for laboratory accreditation. It is not intended that the result of this calculation be used for adjusting the test level that is applied to EUTs during the test process.

Annex B

(informative)

Rationale for the selection of the preferred broadband source – Information on test signal generation

B.1 General

This standard defines a band-limited broadband signal as test signal. Band-limited broadband signals can be generated in different ways. In cases where the immunity to signals produced by switched-mode power supplies and similar appliances is evaluated, an impulsive signal may be adequate. For communication systems (e.g. powerline communication) as disturbance source, an orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) scheme seems to be more appropriate. In the frequency domain (without taking the phase angle into consideration), the signals look quite similar, but in the time domain they differ significantly. Annex B gives some guidance on the realization of band-limited broadband signals and explains why a (physical) random noise signal is selected as preferred signal. Furthermore, the material may be helpful in cases where specific EMC problems need to be evaluated on the basis of signals more representative of the real disturbance source.

B.2 Principles of band-limited broadband signal generation

B.2.1 General

The examples given here are not exhaustive, but explain the principles of broadband signal generation.

Three basic principles for band-limited broadband signal generation can be distinguished:

- use of a wide band signal generator and limitation of the frequency band by an attached bandpass filter (physical noise, pseudo noise);
- use of an impulse generator with an appropriate pulse shape;
- generation of a signal which intentionally contains only frequencies within a certain frequency band (OFDM scheme).

B.2.2 (True) random noise generation

True random noise generation makes use of a white noise source (e.g. shot noise in a semiconductor diode). For band limitation, a bandpass filter restricts the spectral content of the noise generator output to the required frequency band (see Figures B.1a) and B.1b)). The filter characteristics determine the created signal spectrum. High order filters need to be realized in order to fulfil the requirements for the slopes at the limiting frequency edges.

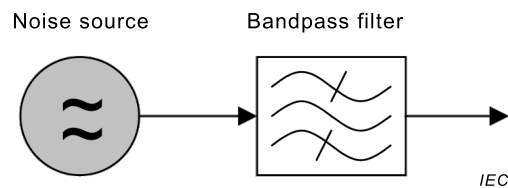
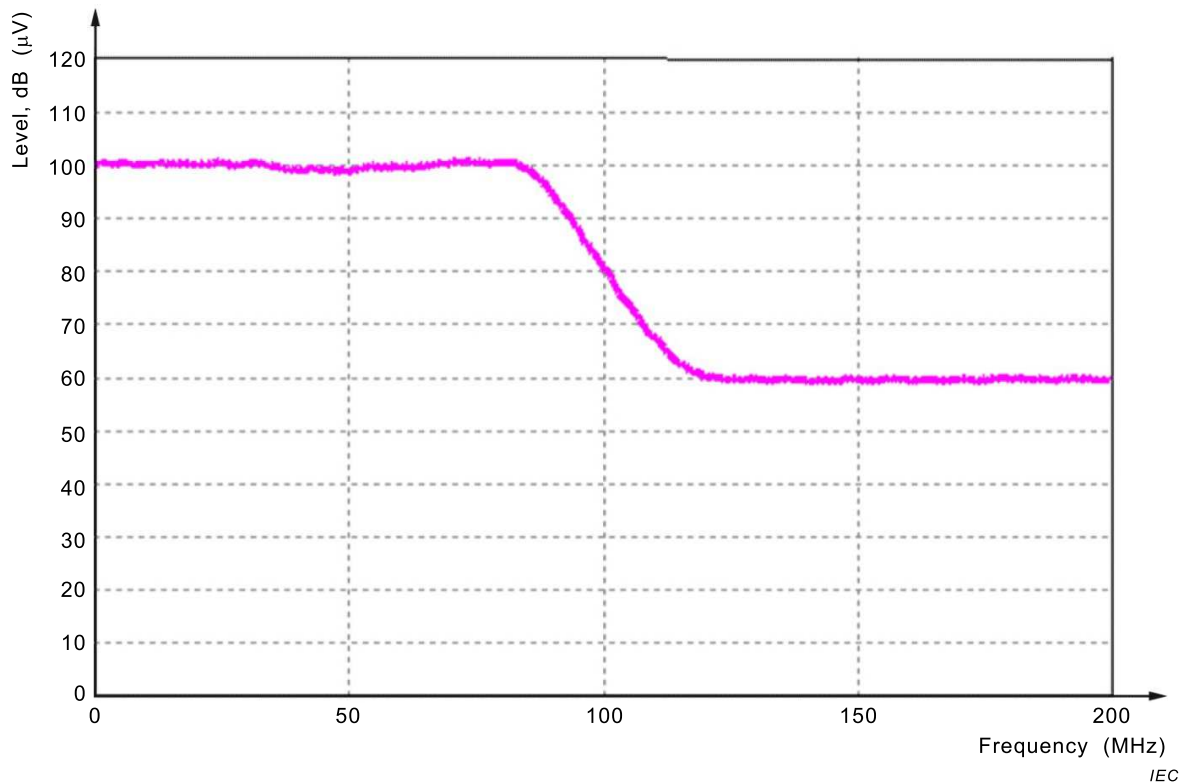


Figure B.1a) – Principle of true random noise generation



The bandwidth/filter characteristics depend on the requirements for the slopes given in the main body of this standard.

Figure B.1b) – Example of a band-limited random noise signal

Figure B.1 – White noise source

B.2.3 Pseudo-random noise sequence

The true random noise source can be replaced by a random number sequence uploaded into the memory of an arbitrary waveform generator (AWG). To allow an easier implementation of the band filter the sample sequence can be preconditioned. Thus, only an anti-alias filter is physically needed at the AWG output (see Figure B.2). The design of this filter is not as demanding as for the true random noise generation, when a sufficiently large sampling frequency of the AWG is selected. The edge frequency of the anti-alias filter is usually half of the sampling frequency.

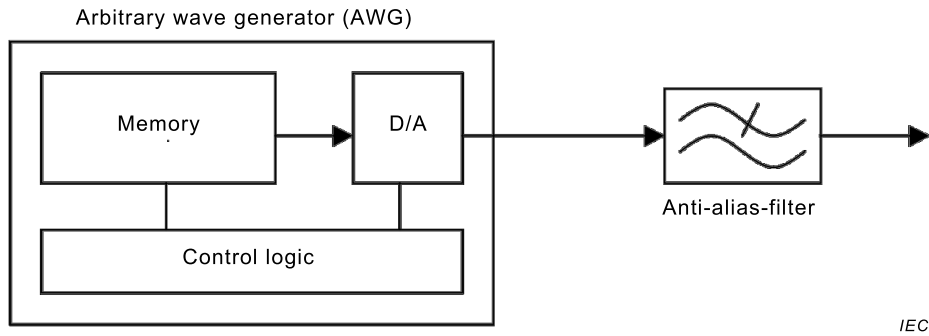


Figure B.2 – Principle of band-limited broadband signal generation with an arbitrary waveform generator

Let $s(t)$ be the sequence of random numbers. This signal is frequency independent (at least in a frequency interval up to half of the sampling frequency) and can be expressed in the frequency domain as $S(\omega)$. The filtering can be made in the frequency domain by multiplying $S(\omega)$ with a filter characteristic $H_F(\omega)$. A rectangular function $H_n(\omega)$ in the frequency domain:

$$H_n(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{for } |\omega| < \omega_n \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (\text{B.1})$$

corresponds to the function $h_n(t)$ in the time domain:

$$h_n(t) = \frac{\omega_n}{\pi} \cdot \text{sinc}(\omega_n \cdot t) \quad (\text{B.2})$$

with:

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}. \quad (\text{B.3})$$

The filter for the wanted signal spectrum with the lower border frequency f_1 ($\rightarrow \omega_1 \rightarrow H_1(\omega)$) and the upper border frequency f_2 ($\rightarrow \omega_2 \rightarrow H_2(\omega)$) is:

$$H_F(\omega) = H_2(\omega) - H_1(\omega) \quad (\text{B.4})$$

with the corresponding pulse response in time domain:

$$h_F(t) = \frac{\omega_2}{\pi} \text{sinc}(\omega_2 \cdot t) - \frac{\omega_1}{\pi} \text{sinc}(\omega_1 \cdot t) \quad (\text{B.5})$$

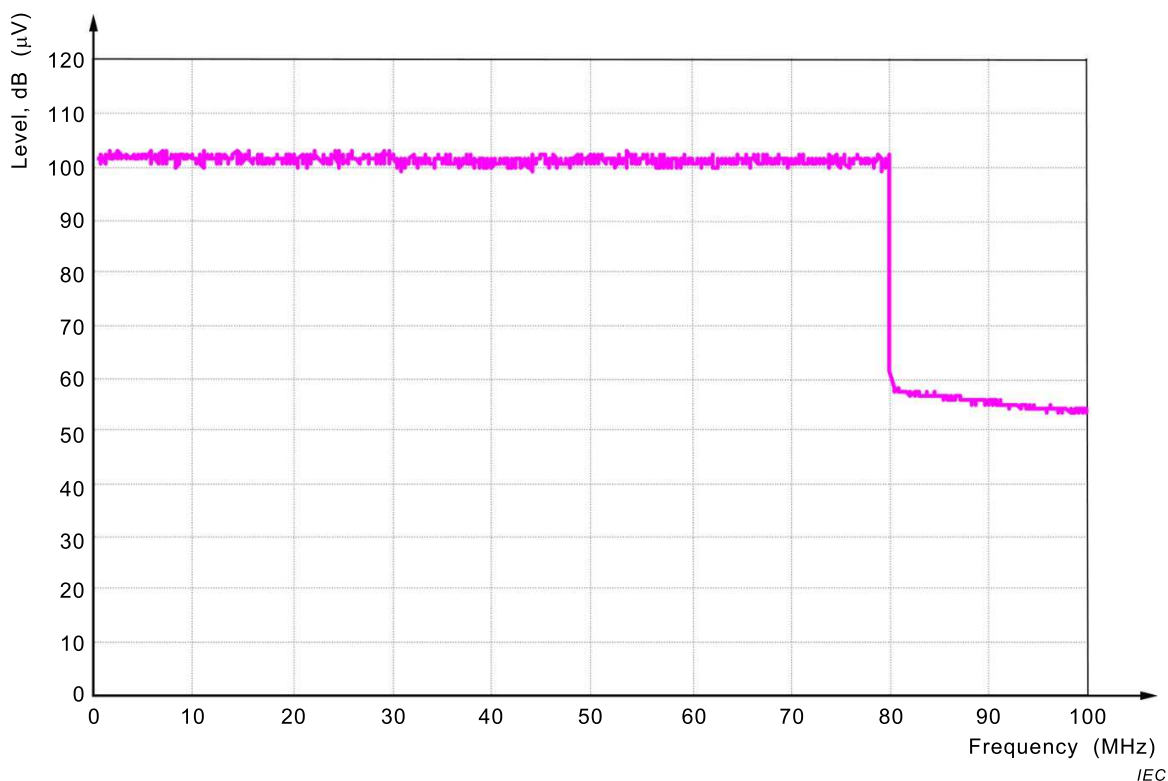
The application of the filter to the random number sequence in the frequency domain corresponds to a multiplication. In the time domain, it becomes a convolution operation:

$$g(t) = h_F(t) s(t) \quad (\text{B.6})$$

If this sequence $g(t)$ is loaded into the memory of an AWG, the corresponding spectrum is the spectrum defined in the main part of the standard.

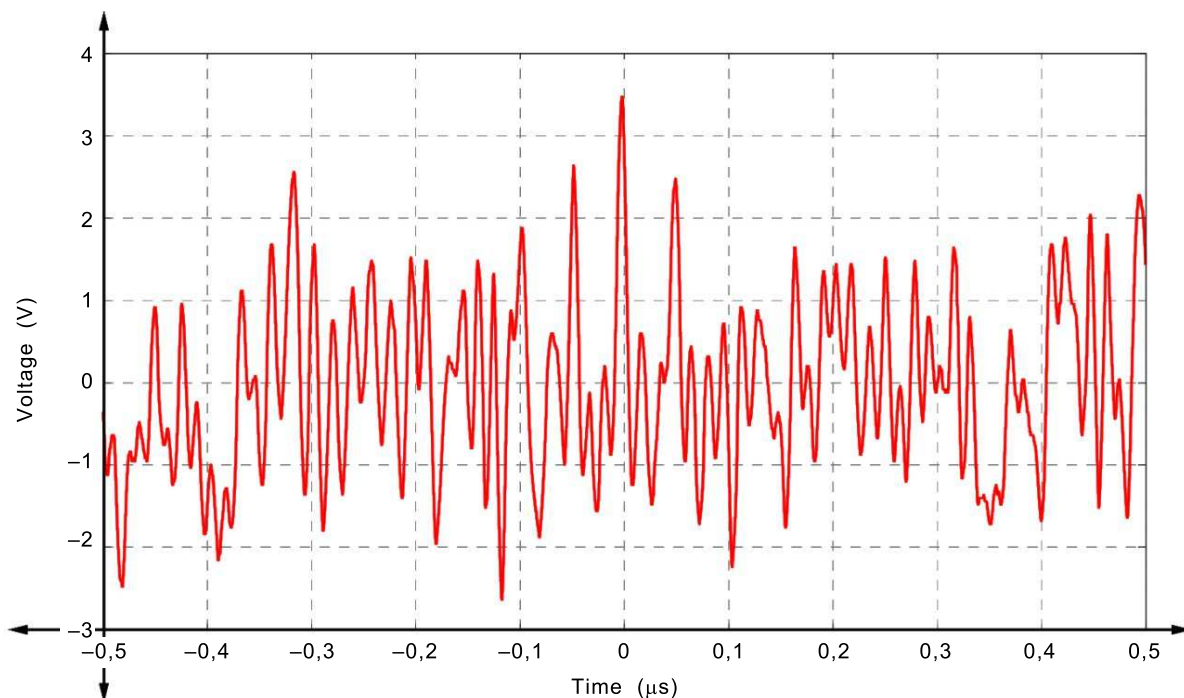
Figure B.3 shows the spectrum measured with a measurement receiver (AV detector, 120 kHz resolution bandwidth, frequency step 50 kHz) for a signal generated with an AWG with the following parameters:

- sampling frequency 250 MS/s;
- sampling length 500 μ s (125 000 points);
- 14-bit vertical resolution;
- 100 MHz analog bandwidth;
- lower band limit 150 kHz;
- upper band limit 80 MHz.



**Figure B.3 – Signal spectrum of a band-limited pseudo-random noise signal
(measured with a 120 kHz resolution bandwidth)**

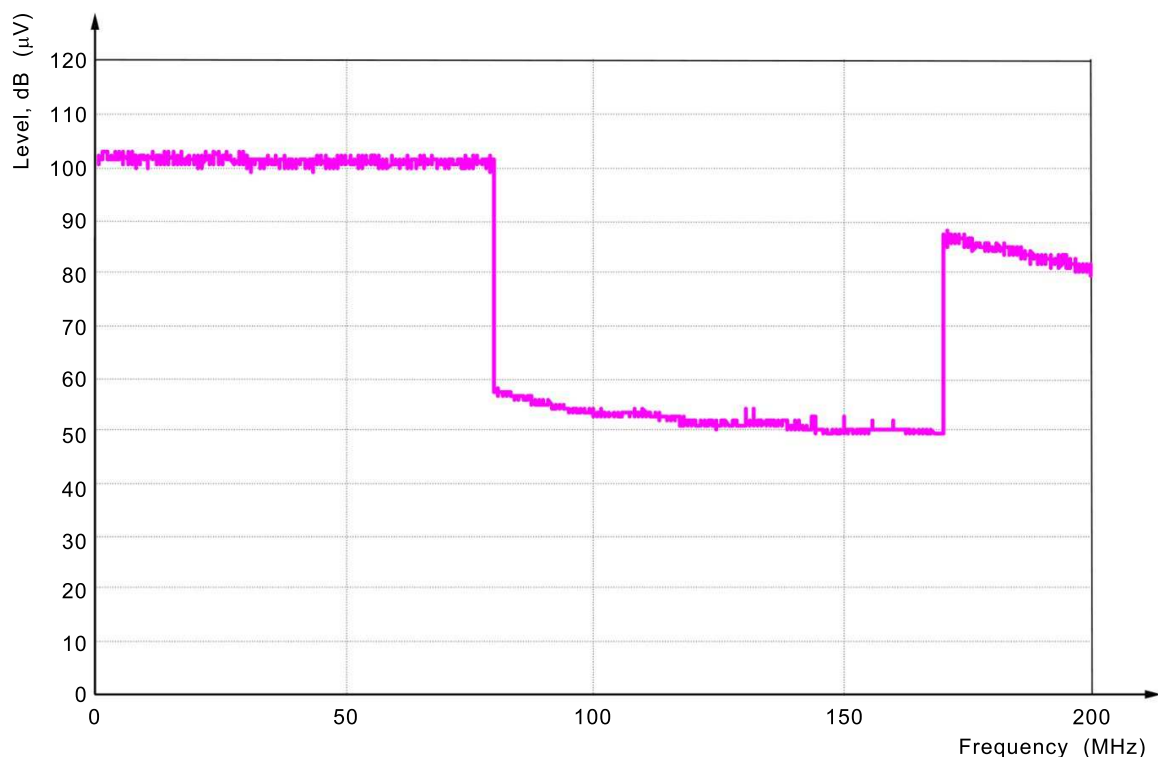
An extract of the output in the time domain is shown in Figure B.4.



IEC

Figure B.4 – Extract of the band-limited pseudo noise signal in time domain (measured with an oscilloscope)

It has to be considered that some of the AWGs available on the market do not have a built-in anti-alias filter. In that case, mirror frequencies will show up at the higher frequency end of the spectrum (see Figure B.5). To avoid these spectral components, an external anti-alias filter needs to be applied.



IEC

Figure B.5 – Signal spectrum of the band-limited pseudo noise signal without an anti-alias filter

There is another difference to the physically produced noise signal described in B.2.2. Since the length of the sampling sequence is finite, random periods should contain more than $(2^{15}-1)$ samples, and the same sequence should be successively repeated by the generator in order to produce a continuous signal. Mathematically, this can be described by convolution of the sampling signal with a finite length and a comb signal. In the frequency domain, this means a multiplication between the signal spectrum obtained for the single sequence and a frequency comb, which yields a comb spectrum. The comb frequency corresponds to the length of the sequence. With a sequence length of 500 μs , a comb with a frequency spacing of 2 kHz will occur (see Figure B.6).

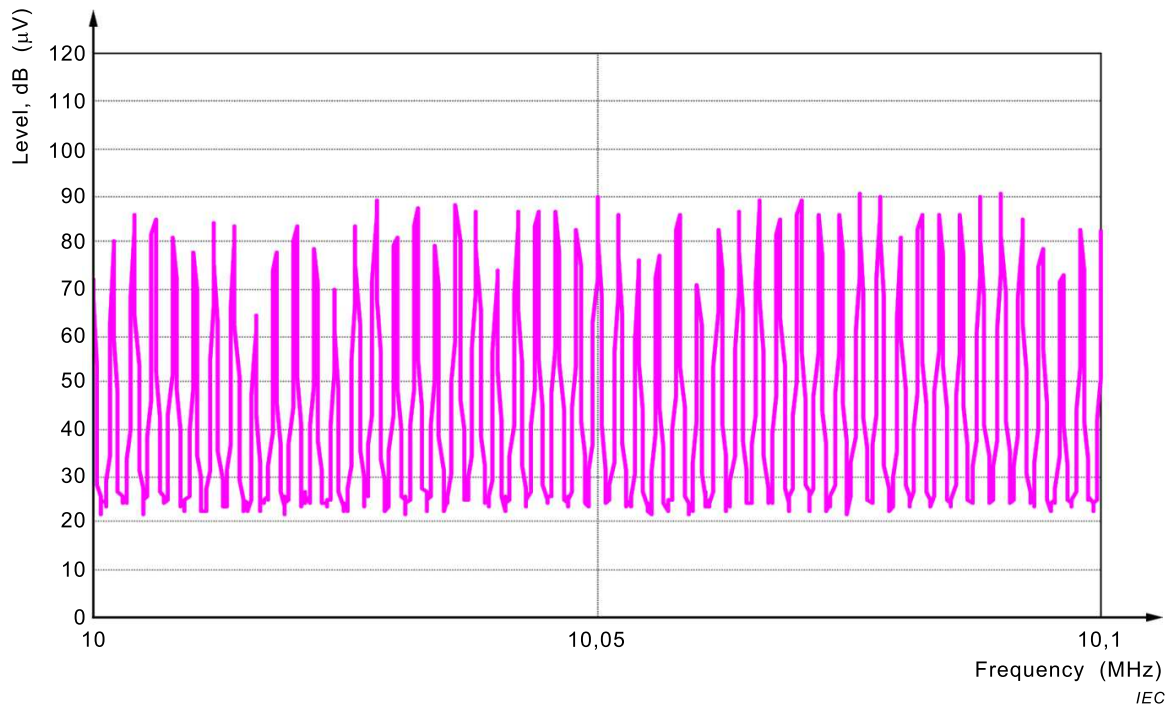


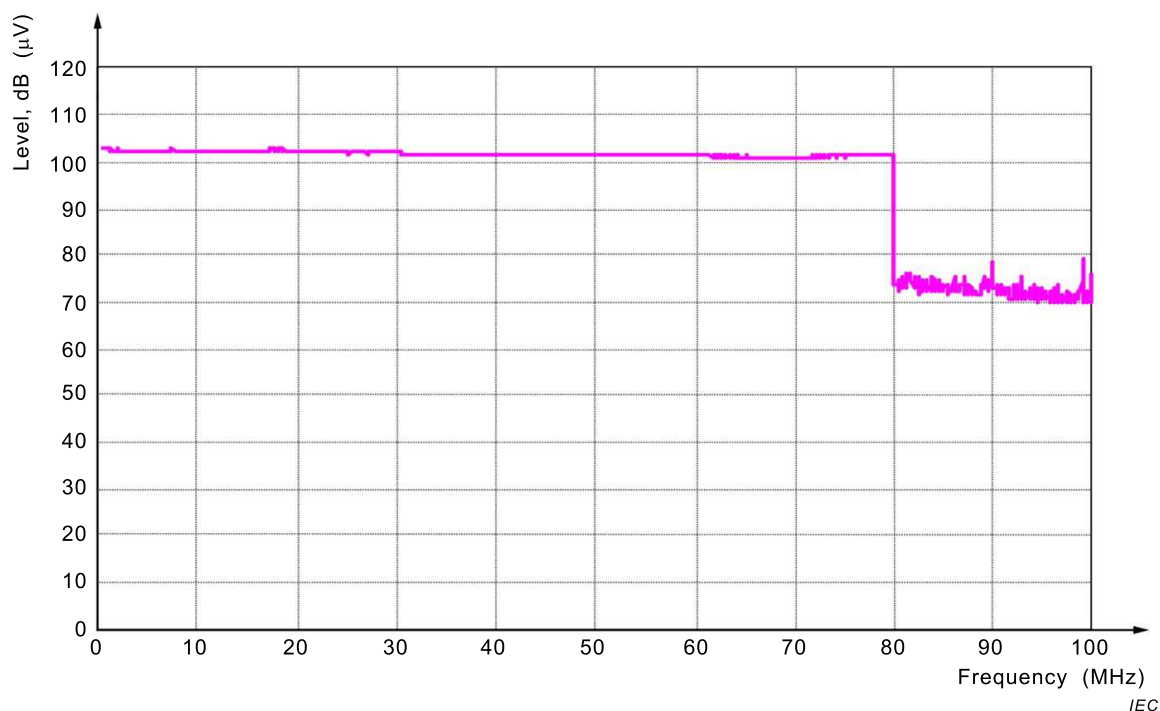
Figure B.6 – Extract of the signal spectrum of a band-limited pseudo noise signal (measured with a 200 Hz resolution bandwidth)

B.2.4 Impulse

Another way to produce a broadband signal is the direct use of the sinc-impulse (see Equation (B.5)). The spectrum obtained with the parameters:

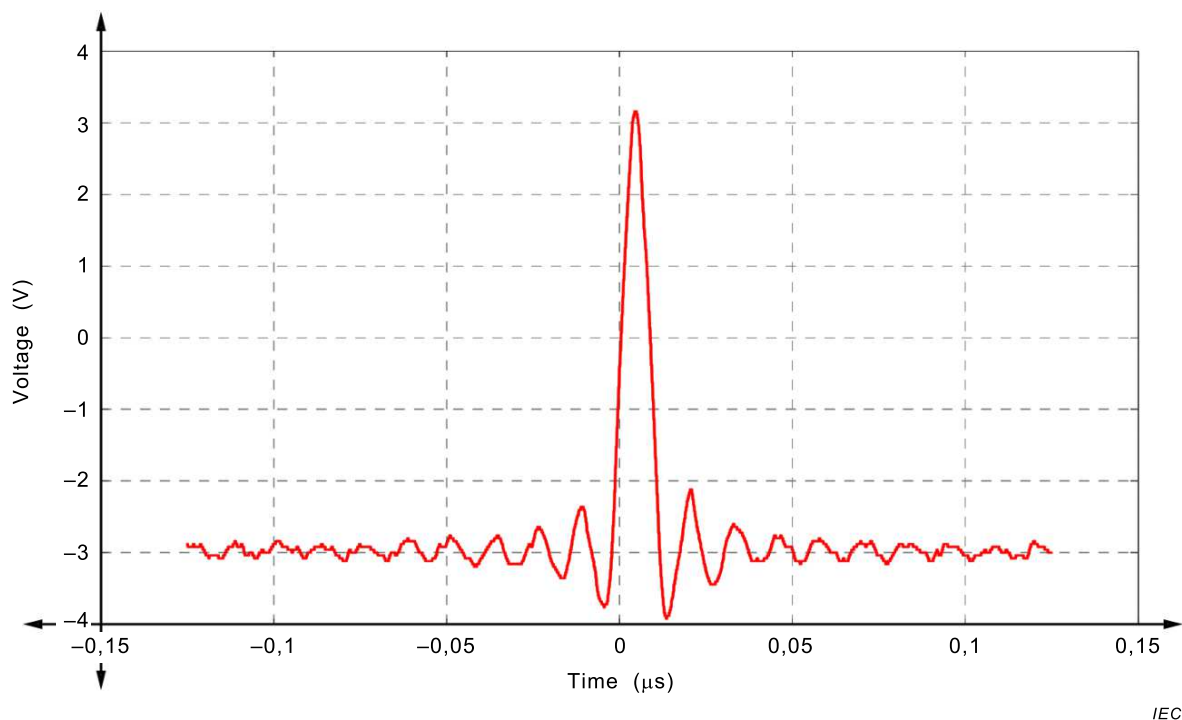
- sampling frequency 250 MS/s,
- sampling length 200 μs (50 000 points),
- 14-bit vertical resolution,
- 100 MHz analog bandwidth,
- lower band limit 150 kHz, and
- upper band limit 80 MHz

can be seen in Figure B.7 (measured with a 120 kHz resolution bandwidth).



**Figure B.7 – Signal spectrum of a band-limited impulse signal
(measured with a 120 kHz resolution bandwidth)**

Figure B.8 shows an extract in the time domain. This signal shows a poor crest factor, i.e. the relation between the peak amplitude and the average level. The amplifier shall be dimensioned to transmit the peak value without distortions.



**Figure B.8 – Extract of the band-limited impulse signal in time domain
(measured with an oscilloscope)**

Since the impulse is repeated in the time domain by the generator, a comb spectrum will be obtained, which can be seen in finer resolution (200 Hz resolution bandwidth) in Figure B.9.

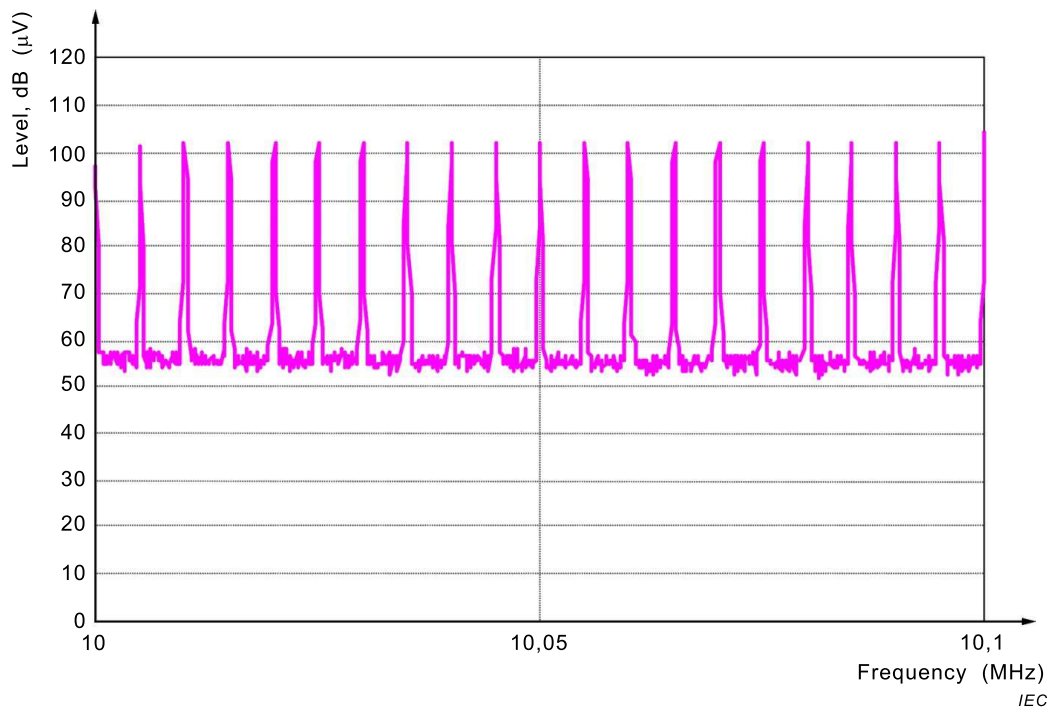


Figure B.9 – Extract of the signal spectrum of a band-limited impulse signal (measured with a 200 Hz resolution bandwidth)

B.2.5 OFDM scheme

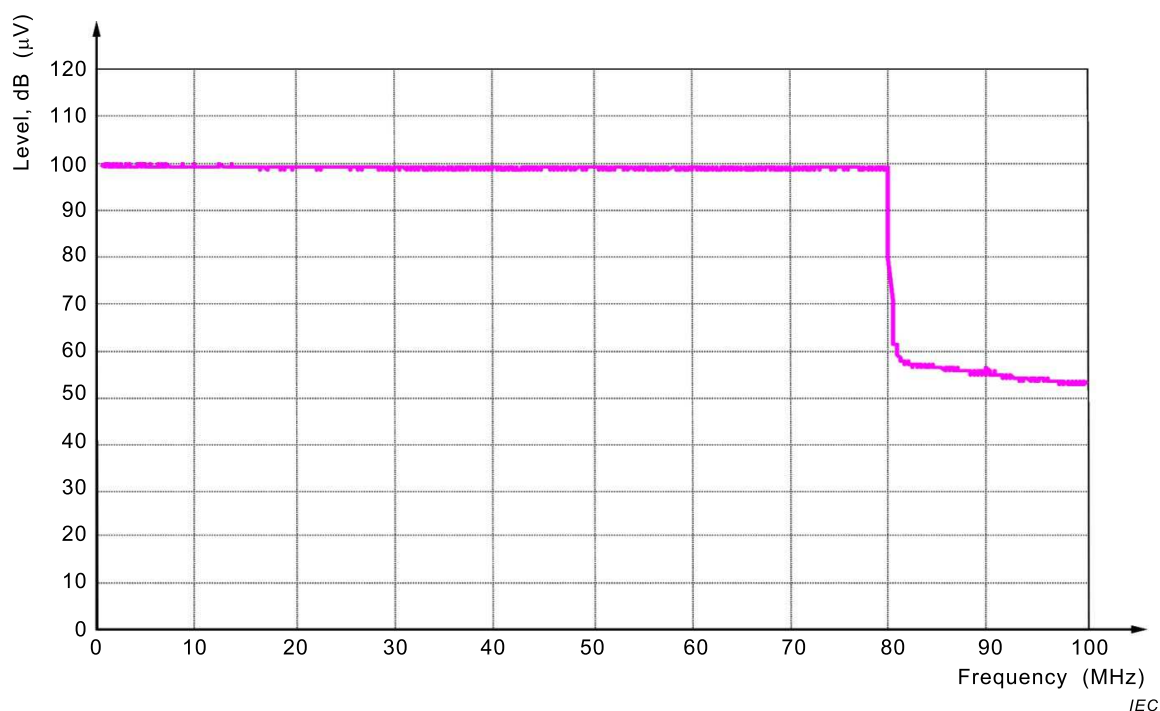
The most sophisticated way to produce a broadband signal is to use an OFDM scheme as it is the basis for many modern communication systems.

A vector of complex random numbers (I , Q -values, symbol) is generated as payload.

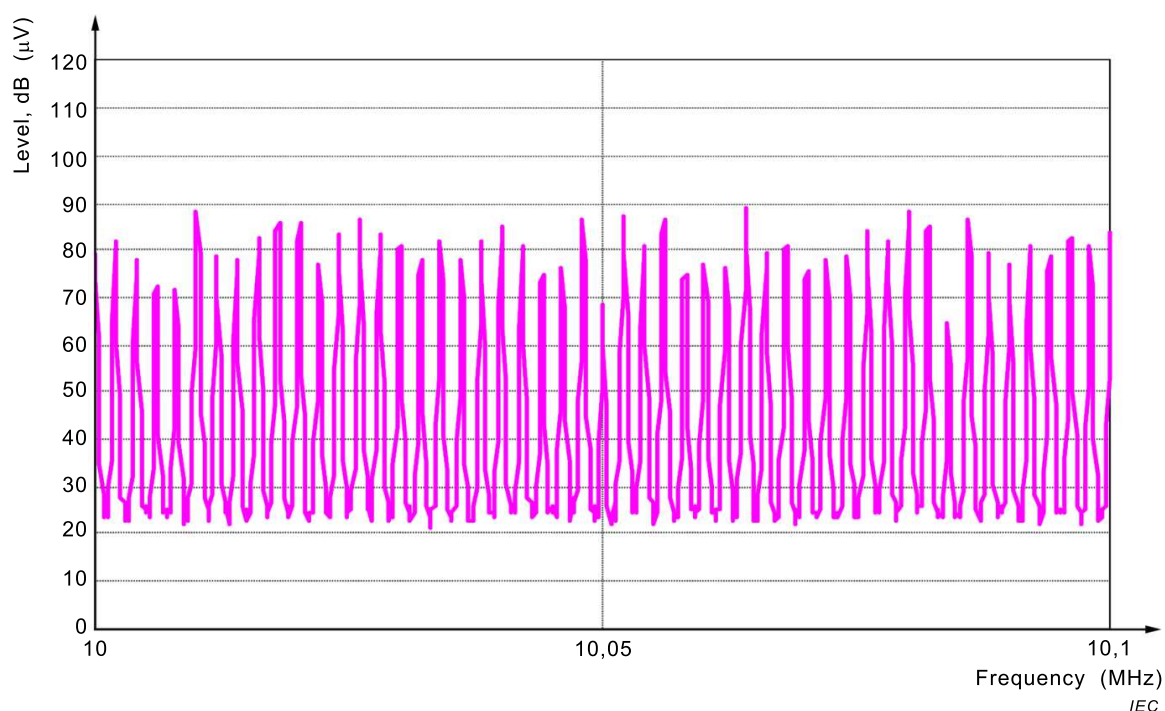
The elements of the vector are modulated to a number of carriers separated by $1/T_{\text{symbol}}$, (with T_{symbol} : length of the symbol). Several symbols with random payload can be grouped together. Finally, the time sequence is loaded into the memory of the AWG. The output spectrum for a signal with the parameters:

- sampling rate 250 MS/s,
- symbol length 100 μs $\rightarrow$ carrier spacing: 10 kHz,
- frequency range 150 kHz to 80 MHz $\rightarrow$ 7 985 carrier,
- 5 symbols with random payload $\rightarrow$ sequence length 500 μs ,
- 14-bit vertical resolution, and
- 100 MHz analogue bandwidth

is shown in Figure B.10. Since the generator repeats the sequence, a comb spectrum is produced again, which can be seen with finer resolution in Figure B.11.



**Figure B.10 – Signal spectrum of an OFDM signal
(measured with a 120 kHz resolution bandwidth)**



**Figure B.11 – Extract of the signal spectrum of an OFDM signal
(measured with a 200 Hz resolution bandwidth)**

The mechanism to create the time sequence with the OFDM scheme allows the realization of arbitrary spectra. This allows for example the compensation of the frequency dependency of the power amplifier, cables and CDN. An example spectrum is shown in Figure B.12, where an amplitude step of 10 dB has been inserted at 30 MHz.

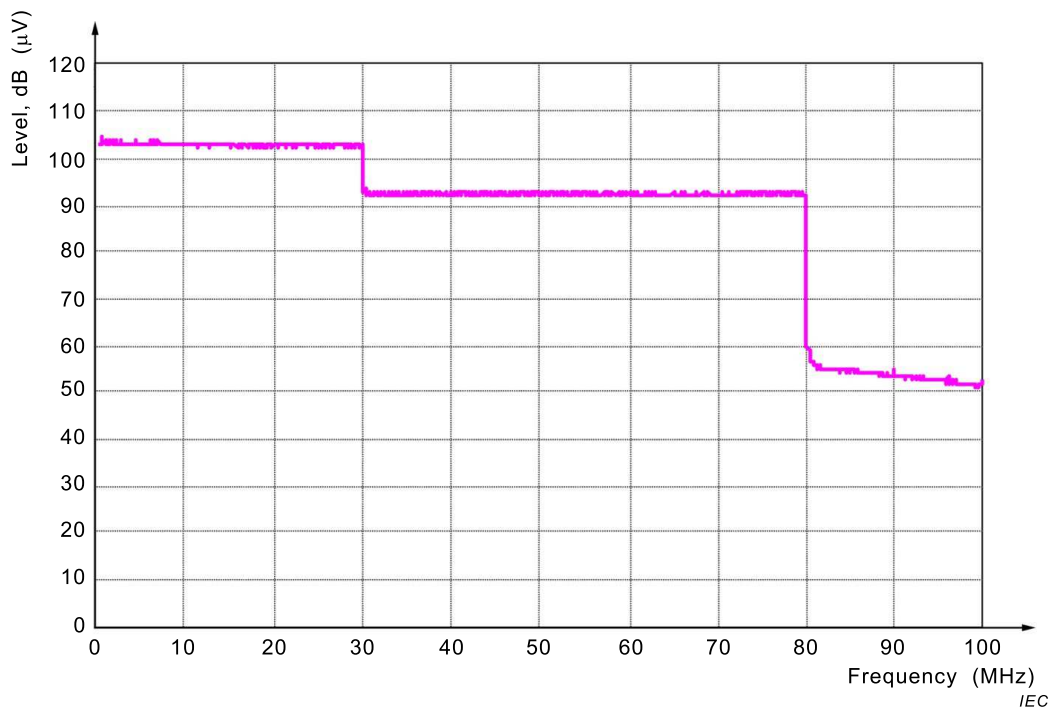


Figure B.12 – Signal spectrum of an OFDM signal with an amplitude step at 30 MHz (measured with a 120 kHz resolution bandwidth)

B.3 Selection of the preferred broadband source

There are several ways to produce a wideband test signal (see Table B.1). For the investigation of specific EMC problems, the use of a signal type representative of a disturbance source is appropriate. However, for a basic standard whose purpose is to simulate various types of disturbance sources, a disturbance signal representing a good compromise has to be defined.

Table B.1 – Comparison of white noise signal generation methods

Broadband signal type for testing	Example of disturbance sources			Complexity of test equipment
	Frequency converters Switched power supplies	PLT	Other communication systems (point2point)	
Noise	0	+ (if pulse modulated)	+	+
Impulse	++	–	–	– (amplifier)
OFDM	0	++	++	0 (definition of parameters required)

It seems that the band-limited noise source is the most suitable for a basic standard. Using OFDM would require to define the OFDM structure (number of carriers, constellation for the carriers, carrier spacing, etc.) to allow reproducible test results. The impulse signal is not adequately representing threats, such as PLT or other communication systems.

Bibliography

- [1] IEC TR 61000-1-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty*
 - [2] UKAS, M3003, Edition 2, 2007, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, free download, www.ukas.com
 - [3] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*
 - [4] CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*
 - [5] ITU-T O.9:1999, *Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth*
 - [6] ITU-R BT.1306-7:2015, *Error-correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting*
 - [7] IEC GUIDE 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	47
INTRODUCTION.....	49
1 Domaine d'application et objet	50
2 Références normatives	50
3 Termes et définitions	51
4 Généralités.....	52
5 Niveaux d'essai	53
6 Matériel d'essai et procédures de réglage de niveau.....	55
6.1 Générateur d'essai	55
6.2 Dispositifs de couplage et de découplage	56
6.2.1 Généralités	56
6.2.2 RCDD pour l'accès à l'essai	57
6.2.3 Réseaux de couplage/découplage (RCD) pour les câbles non soumis à l'essai	58
6.3 Vérification des systèmes d'essai	59
6.3.1 Généralités	59
6.3.2 Procédure de vérification de la planéité du générateur d'essai	59
6.3.3 Procédure de vérification de la perte d'insertion du RCDD à l'aide de montages de transformateurs	60
6.3.4 Perte d'insertion du système de couplage d'injection.....	63
6.4 Procédure de réglage du niveau d'essai.....	64
6.4.1 Généralités	64
6.4.2 Réglage du niveau de sortie à l'accès EUT du RCDD.....	64
7 Montage d'essai et méthodes d'injection	65
7.1 Montage d'essai.....	65
7.2 EUT constitué d'une seule unité	65
7.3 EUT constitué de plusieurs unités.....	66
7.4 Application d'une charge au RCD et au RCDD	67
8 Procédure d'essai	69
9 Evaluation des résultats d'essai	70
10 Rapport d'essai	70
Annexe A (informative) Incertitude de mesure du niveau d'essai de la densité spectrale de puissance	72
A.1 Généralités	72
A.2 Budgets d'incertitude pour les méthodes d'essai	72
A.2.1 Symboles généraux.....	72
A.2.2 Définition du mesurande.....	72
A.2.3 Contribueurs de l'IM du mesurande	72
A.2.4 Grandeurs d'entrée et exemples de calcul de l'incertitude élargie	73
A.3 Expression de l'incertitude de mesure calculée et de son application.....	75
Annexe B (informative) Justification du choix de la source à large bande préférentielle – Informations relatives à la génération d'un signal d'essai	76
B.1 Généralités	76
B.2 Principes de génération de signaux à large bande et à largeur de bande limitée.....	76
B.2.1 Généralités	76

B.2.2	Génération de bruit (réellement) aléatoire.....	76
B.2.3	Séquence de bruit pseudo-aléatoire	77
B.2.4	Impulsion	81
B.2.5	Schéma OFDM	83
B.3	Choix de la source à large bande préférentielle.....	85
	Bibliographie	86
	Figure 1 – Essai d'immunité aux perturbations conduites à large bande	53
	Figure 2 – Exemple de spectre de tension d'un signal d'essai à large bande mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz	55
	Figure 3 – Principe du générateur d'essai.....	56
	Figure 4 – Exemple de schéma simplifié du circuit du RCDD.....	57
	Figure 5 – Exemple de réseau de couplage et de découplage pour accès d'alimentation (autres que des accès d'alimentation secteur en courant alternatif).....	58
	Figure 6 – Montage d'essai concernant la planéité et le signal d'essai type du générateur d'essai	60
	Figure 7 – Schéma de circuit type du montage de transformateur représentant les côtés 50 Ω et 100 Ω du transformateur et 2 éléments de condensateurs de couplage de 0,1 μ F.....	61
	Figure 8 – Spécifications des montages de transformateurs.....	62
	Figure 9 – Exemple de géométrie de montage à utiliser pour vérifier la perte d'insertion du système de couplage d'injection	63
	Figure 10 – Montage pour l'évaluation de la perte d'insertion totale du système de couplage d'injection	63
	Figure 11 – Montage pour le réglage de niveau	64
	Figure 12 – Exemple de montage d'essai pour un EUT constitué d'une seule unité (vue du dessus).....	66
	Figure 13 – Exemple de montage d'essai pour un EUT constitué de plusieurs unités (vue du dessus).....	67
	Figure 14 – Essai d'immunité pour un EUT à 2 accès (lorsque seuls des RCDD peuvent être utilisés)	69
	Figure A.1 – Exemple d'influences sur le niveau d'essai de la densité spectrale de puissance avec un RCDD	73
	Figure B.1 – Source de bruit blanc	77
	Figure B.2 – Principe de génération d'un signal à large bande et à largeur de bande limitée à l'aide d'un générateur de formes d'onde arbitraires	77
	Figure B.3 – Spectre du signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)	79
	Figure B.4 – Extrait du signal de pseudo bruit à largeur de bande limitée dans le domaine temporel (mesuré avec un oscilloscope).....	79
	Figure B.5 – Spectre du signal de pseudo bruit à largeur de bande limitée sans filtre anti-alias	80
	Figure B.6 – Extrait du spectre d'un signal de pseudo bruit à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz).....	81
	Figure B.7 – Spectre du signal impulsionnel à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz).....	82
	Figure B.8 – Extrait du signal impulsionnel à largeur de bande limitée dans le domaine temporel (mesuré avec un oscilloscope).....	82

Figure B.9 – Extrait du spectre d'un signal impulsionnel à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz)	83
Figure B.10 – Spectre du signal OFDM (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)	84
Figure B.11 – Extrait du spectre d'un signal OFDM (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz)	84
Figure B.12 – Spectre du signal OFDM avec un pas d'amplitude à 30 MHz (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)	85
Tableau 1 – Niveaux d'essai	54
Tableau 2 – Caractéristiques du générateur d'essai	56
Tableau 3 – Spécification des principaux paramètres du RCDD pour un courant ≤ 16 A.....	57
Tableau 4 – Utilisation des RCD	58
Tableau A.1 – Processus de réglage de niveau avec un RCDD	74
Tableau B.1 – Comparaison des méthodes de génération de signaux de bruit blanc.....	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

**Partie 4-31: Techniques d'essai et de mesure –
Essai d'immunité aux perturbations conduites à large bande
sur les accès d'alimentation secteur en courant alternatif**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61000-4-31 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

La présente norme constitue la Partie 4-31 de la série IEC 61000. Elle a le statut d'une publication fondamentale en CEM conformément au Guide IEC 107.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77B/758/FDIS	77B/760/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61000, publiées sous le titre général *Compatibilité électromagnétique (CEM)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La norme IEC 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation

Directives d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées soit comme Normes internationales soit comme Spécifications techniques ou Rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées comme sections. D'autres seront publiées avec le numéro de partie, suivi d'un tiret et complété d'un second numéro identifiant la subdivision (p. ex.: IEC 61000-6-1).

La présente partie est une Norme internationale qui donne les exigences d'immunité et la procédure d'essai relative aux perturbations conduites à large bande.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-31: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites à large bande sur les accès d'alimentation secteur en courant alternatif

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 61000 se rapporte à l'immunité en conduction des matériels électriques et électroniques aux perturbations électromagnétiques provoquées par des sources de signaux à large bande volontaires et/ou involontaires dans la plage de fréquences de 150 kHz à 80 MHz.

L'objet de la présente norme est d'établir une référence commune dans le but d'évaluer l'immunité des matériels électriques et électroniques lorsqu'ils sont soumis aux perturbations conduites induites par des sources de signaux à large bande volontaires et/ou involontaires sur les accès d'alimentation secteur en courant alternatif. La méthode d'essai documentée dans la présente norme décrit une méthode cohérente dans le but d'évaluer l'immunité d'un matériel ou d'un système par rapport à un phénomène défini.

Les matériels ne comportant pas au moins un accès d'alimentation secteur en courant alternatif sont exclus du domaine d'application. Les accès d'alimentation qui ne sont pas destinés à être connectés aux réseaux de distribution secteur en courant alternatif ne sont pas considérés comme des "accès d'alimentation secteur en courant alternatif" et sont donc exclus du domaine d'application.

La présente norme s'applique seulement aux matériels monophasés ayant un courant d'entrée assigné ≤ 16 A; l'application des perturbations à large bande à des matériels multiphasés et/ou ayant un courant d'alimentation assigné > 16 A est à l'étude.

NOTE Comme décrit dans le Guide IEC 107, la présente norme est une publication fondamentale de CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de l'IEC. Comme indiqué également dans le Guide IEC 107, il incombe aux comités de produits de l'IEC de déterminer si la présente norme d'essai d'immunité doit être appliquée ou non. Si tel est le cas, ils ont la responsabilité de déterminer les niveaux d'essai et les critères de performance appropriés. Le CE 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits à l'évaluation de la valeur des essais d'immunité particuliers pour leurs produits.

2 Références normatives

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

IEC 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 161: Compatibilité électromagnétique* (disponible sous www.electropedia.org)

IEC 61000-4-6:2013, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-161 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

main fictive

réseau électrique simulant l'impédance du corps humain existant entre un appareil électrique tenu à la main et la terre dans des conditions moyennes d'utilisation

Note 1 à l'article: Il convient que sa structure soit conforme à la CISPR 16-1-2.

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-27, modifié – Une note à l'article a été ajoutée.]

3.2

équipement auxiliaire

EA

équipement nécessaire pour fournir au matériel en essai (EUT) les signaux requis pour un fonctionnement normal et les instruments servant à vérifier les performances du matériel en essai

3.3

impédance de mode commun

impédance en mode asymétrique entre le câble raccordé à un accès et le plan de masse de référence (RGP)

Note 1 à l'article: L'abréviation RGP est dérivée du terme anglais développé correspondant "reference ground plane".

3.4

réseau de couplage

circuit électrique dont le but est de transférer de l'énergie d'un circuit dans un autre avec une impédance définie

Note 1 à l'article: Les dispositifs de couplage et de découplage peuvent être intégrés dans une unité (réseau de couplage/découplage (RCD)) ou peuvent faire partie de réseaux séparés.

3.5

réseau de couplage/découplage

RCD

circuit électrique incorporant les fonctions de réseau de couplage et de réseau de découplage

3.6

réseau de couplage/découplage destiné au couplage en mode différentiel

RCDD

circuit électrique incorporant les fonctions de réseau de couplage et de réseau de découplage et injectant le signal en mode différentiel principalement

3.7

réseau de découplage

dispositif de découplage

circuit électrique dont le but est d'empêcher les signaux d'essai appliqués à l'EUT d'influencer d'autres dispositifs, équipements ou systèmes qui ne sont pas soumis aux essais

3.8

impédance de mode différentiel

impédance en mode symétrique entre les bornes L et N d'un accès d'alimentation secteur en courant alternatif

3.9

affaiblissement de conversion longitudinale

ACL

mesure, pour un réseau à un ou à deux accès, du degré d'un signal transversal non désiré (mode symétrique) qui apparaît aux bornes de ce réseau du fait de la présence d'un signal longitudinal (mode asymétrique) sur les fils de connexion

Note 1 à l'article: L'ACL est un rapport exprimé en dB.

[SOURCE: UIT-T O.9:1999, 4.1, modifié – La définition a été reformulée et les parenthèses ont été ajoutées.]

3.10

multiplexage par répartition en fréquence orthogonale

OFDM

schéma de modulation à porteuses multiples numérique utilisant un grand nombre de sous-porteuses orthogonales faiblement espacées

Note 1 à l'article: Voir ITU-R BT.1306-7:2015.

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

3.11

générateur d'essai

générateur capable de produire le signal d'essai exigé(

Note 1 à l'article: Le générateur peut comprendre les éléments suivants: source de bruit blanc, source de modulation, atténuateurs, amplificateur de puissance à large bande et filtres.

Note 2 à l'article: Voir Figure 3.

3.12

rapport d'ondes stationnaires en tension

ROS

rapport entre une valeur maximale et une valeur minimale adjacente de l'amplitude de tension sur la ligne

4 Généralités

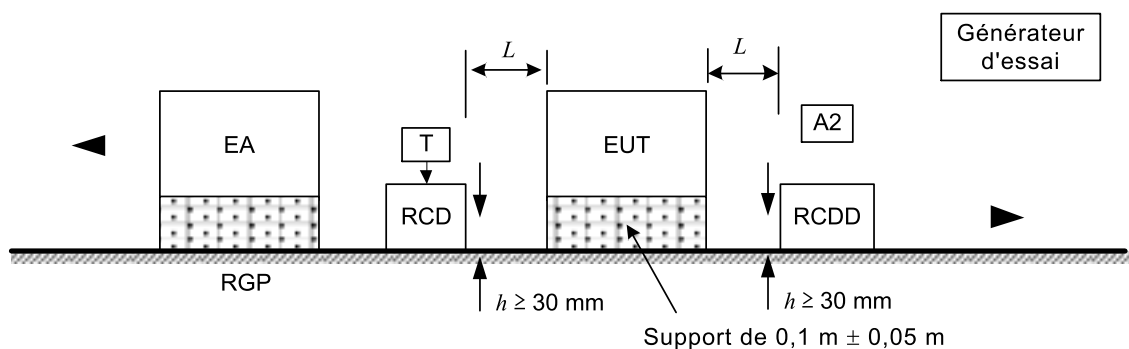
Les sources de perturbations couvertes par la présente norme sont essentiellement des perturbations conduites à large bande volontaires et/ou involontaires, superposées à la ligne secteur connectée à l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif de l'EUT.

Les signaux transmis par des systèmes CPL, par exemple, sont considérés comme des sources de perturbations à large bande intentionnelles, tandis que les autres bruits générés par des matériels électriques et électroniques connectés au réseau d'alimentation secteur en courant alternatif peuvent généralement être considérés comme des sources de perturbations non intentionnelles.

NOTE La technique des courants porteurs en ligne (CPL) est également connue sous le nom de communications sur ligne d'alimentation (PLT, power line communication).

Même lorsque le signal à large bande est prévu pour être en mode différentiel, le déséquilibre du réseau en convertit une partie en signal en mode commun. Pour prendre en considération ce phénomène, le signal de perturbation est injecté via un réseau de couplage/découplage destiné au couplage en mode différentiel (RCDD) présentant un affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) proche de celui attendu du réseau (voir Figure 1).

Les caractéristiques du RCDD sont données en 6.2.



IEC

Légende

A2 atténuateur de puissance facultatif

 L $0,1 \text{ m} \leq L \leq 0,3 \text{ m}$ T charge de 50Ω

RCDD réseau de couplage et de découplage pour l'injection du signal d'essai en mode différentiel principalement

RCD réseau de couplage et de découplage tel que prescrit par l'IEC 61000-4-6

Figure 1 – Essai d'immunité aux perturbations conduites à large bande

Avec l'EUT connecté au RCDD, un atténuateur de puissance de 3 dB ou plus (A2 dans la Figure 1) doit être ajouté entre le générateur d'essai et le RCDD, à moins de pouvoir prouver que le rapport d'ondes stationnaires en tension (ROS) non adapté entre le générateur d'essai et le RCDD est ≤ 2 .

5 Niveaux d'essai

Le niveau du signal d'essai à large bande à appliquer aux accès d'alimentation en courant alternatif à l'essai sur la plage de fréquences considérée est défini par sa densité spectrale de puissance (DSP) exprimée en dBm/Hz et doit être choisi dans la colonne 2 du Tableau 1.

Par commodité, les niveaux d'essai sont également donnés pour l'ensemble de la plage de fréquences de 150 kHz à 80 MHz en équivalent spectre de tension exprimé en dB (μV)/100 kHz (voir colonne 3 du Tableau 1) et en puissance directe totale exprimée en dBm (voir colonne 4 du Tableau 1).

Ces valeurs ont été dérivées dans un système de 50Ω à l'aide de la Formule (1) et nécessitent d'être recalculées dans le cas où une plage de fréquences réduite ou différente est choisie pour l'essai.

Pour plus d'informations sur la vérification des niveaux d'essai, se reporter également à la Figure 11.

Tableau 1 – Niveaux d'essai

Plage de fréquences 150 kHz à 80 MHz			
Niveau	Densité spectrale de puissance dBm/Hz	Equivalent densité spectrale de tension dB (μV)/100 kHz	Puissance directe totale dBm
1	–60	97	19
2	–50	107	29
3	–40	117	39
x^a	Spécial	Spécial	Spécial
NOTE Les exigences se trouvent dans la colonne 2; les colonnes 3 et 4 sont ajoutées par commodité.			
^a "x" peut être à n'importe quel niveau, au-dessus, en dessous ou entre les autres. Le niveau doit être indiqué dans la spécification de matériel correspondante.			

La Figure 2 représente un exemple de signal d'essai à large bande.

Dans les cas particuliers des perturbations à large bande intentionnelles, les comités de produits peuvent spécifier une plage de fréquences limitée appropriée pour l'essai de l'EUT.

La puissance directe totale pour une densité spectrale de puissance donnée et une plage de fréquences choisie peut être calculée à l'aide de la Formule (1).

$$P_{TF} = P_{SD} + 10 \log \left(\frac{f_{\text{stop}} - f_{\text{start}}}{1 \text{ Hz}} \right) \quad (1)$$

où

P_{TF} est la puissance directe totale, en dBm;

P_{SD} est la densité spectrale de puissance, en dBm/Hz;

f_{stop} est la fréquence maximale de la bande de fréquences d'essai, en Hz; et

f_{start} est la fréquence minimale de la bande de fréquences d'essai, en Hz.

La procédure de réglage des niveaux d'essai à l'accès de l'EUT du dispositif de couplage (RCDD) est décrite en 6.4.

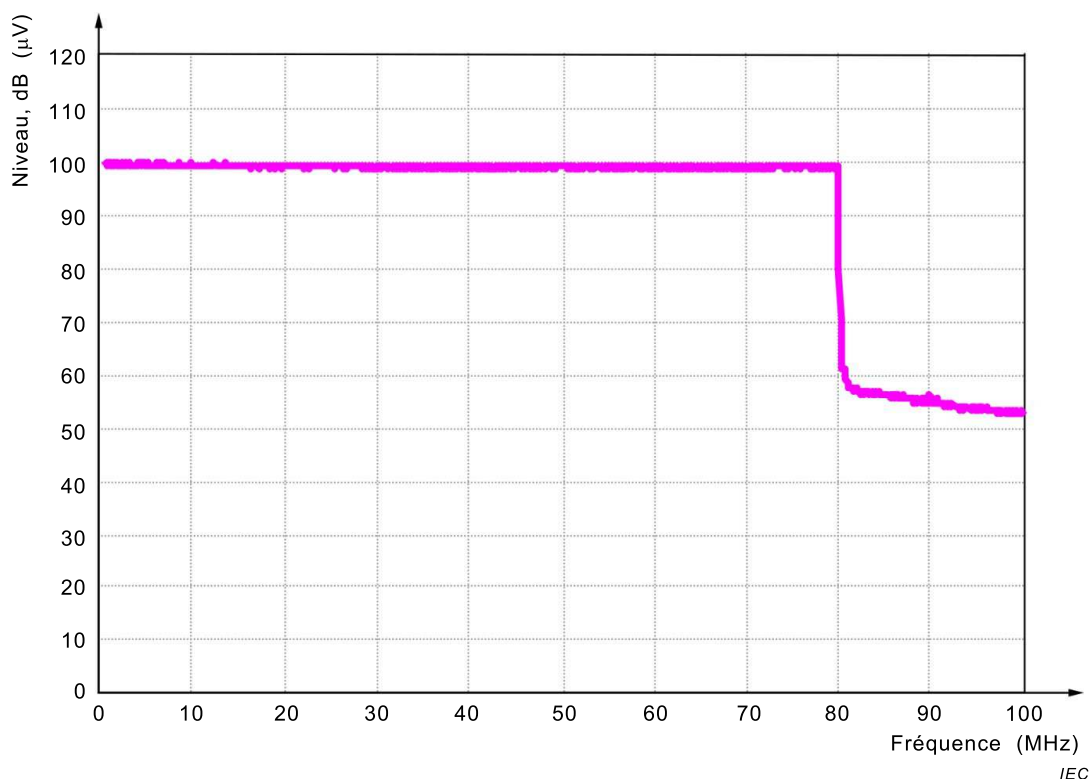


Figure 2 – Exemple de spectre de tension d'un signal d'essai à large bande mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz

6 Matériel d'essai et procédures de réglage de niveau

6.1 Générateur d'essai

Le générateur d'essai (voir Figure 3) comprend tous les matériels et composants nécessaires pour fournir à l'accès d'entrée d'injection du RCDD un signal à large bande qui satisfait aux paramètres exigés pour le signal d'essai à appliquer à l'EUT (niveau, plage de fréquences, modulation, etc.).

Un ensemble type comprend les éléments suivants, qui peuvent être séparés ou intégrés à un ou plusieurs instruments d'essai:

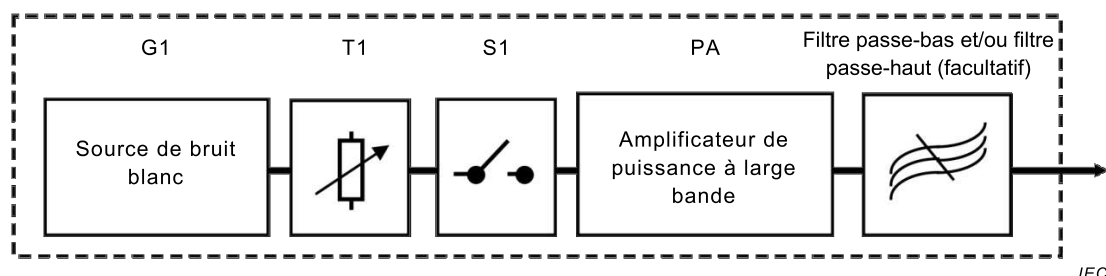
- une source de bruit blanc, G1, capable de produire un signal à large bande sur la fréquence considérée. Les paramètres peuvent être réglés par commande manuelle ou programmable (p. ex.: bande de fréquences, amplitude). Pour plus d'informations, voir Annexe B.
- une fonctionnalité de modulation d'impulsions de 1 Hz et 2 Hz (50 % du cycle de service);
- un atténuateur variable, A1, (typiquement de 0 dB à 40 dB) pour commander le niveau de sortie de la source de perturbations générée et qui est facultatif;
- un commutateur RF, S1, grâce auquel le signal perturbateur à large bande peut être établi et coupé pour la mesure de l'immunité de l'EUT. S1 peut être inclus dans le G1 et est facultatif;
- un amplificateur de puissance à large bande, AP, peut être nécessaire pour amplifier le signal si la puissance de sortie du G1 est insuffisante;
- un filtre passe-bas (FPB) et/ou un filtre passe-haut (FPH), qui peuvent être nécessaires pour éviter toute interférence due à des sous-harmoniques ou des harmoniques d'ordre supérieur avec certains types d'EUT, par exemple les récepteurs RF. Si cela est exigé, ils

doivent être insérés entre la sortie de l'amplificateur de puissance à large bande, AP, et le dispositif de couplage (RCDD).

Les caractéristiques du générateur d'essai sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Caractéristiques du générateur d'essai

Impédance de sortie	50 Ω type, ROS < 2
Planéité du signal à large bande	Entre 150 kHz et 80 MHz ou capable de couvrir la bande de fréquences considérée. La planéité du signal de sortie doit être comprise dans une plage de ± 3 dB.
Contribution hors bande supérieure à 80 MHz	La sortie du générateur d'essai doit être au moins 20 dB en dessous du niveau de signal cible pour toutes les fréquences au-dessus de 100 MHz. Entre 80 MHz et 100 MHz, la sortie du générateur d'essai ne doit pas dépasser 3 dB au-dessus du niveau de signal cible.
Contribution hors bande inférieure à 150 kHz	Cette contribution n'est pas significative.
Si un comité de produit choisit une plage de fréquences dédiée différente de celle de 150 kHz à 80 MHz, il convient d'ajuster les limites de fréquence de la contribution hors bande en conséquence. Par exemple, il convient de réduire la contribution hors bande du signal d'essai sur la sortie du générateur d'essai d'au moins 20 dB à 37,5 MHz si la valeur 30 MHz est choisie comme fréquence maximale du signal d'essai prévu.	



Légende

G1	Source de bruit blanc	T1	Atténuateur variable
PA	Amplificateur de puissance à large bande		
LPF/HPF	Filtre passe-bas et/ou filtre passe-haut (facultatif)	S1	Commutateur RF

Figure 3 – Principe du générateur d'essai

6.2 Dispositifs de couplage et de découplage

6.2.1 Généralités

Les dispositifs de couplage doivent être utilisés pour appliquer le signal d'essai à large bande sur la plage de fréquences considérée, avec une impédance de mode commun et de mode différentiel définie, au niveau de l'accès de l'EUT à l'essai.

Les dispositifs de découplage doivent être utilisés pour empêcher que le signal d'essai ne perturbe d'autres dispositifs, matériels et systèmes non soumis à l'essai.

Les dispositifs de couplage et de découplage peuvent être combinés dans une unité (un réseau de couplage/découplage) ou peuvent être composés de plusieurs parties. Les dispositifs de couplage et de découplage préférentiels sont les RCDD pour les accès d'alimentation en courant alternatif et les RCD pour tous les autres accès, pour des raisons de reproductibilité de l'essai et de protection de l'EA.

Les dispositifs de couplage et de découplage doivent être utilisés aux deux fins suivantes:

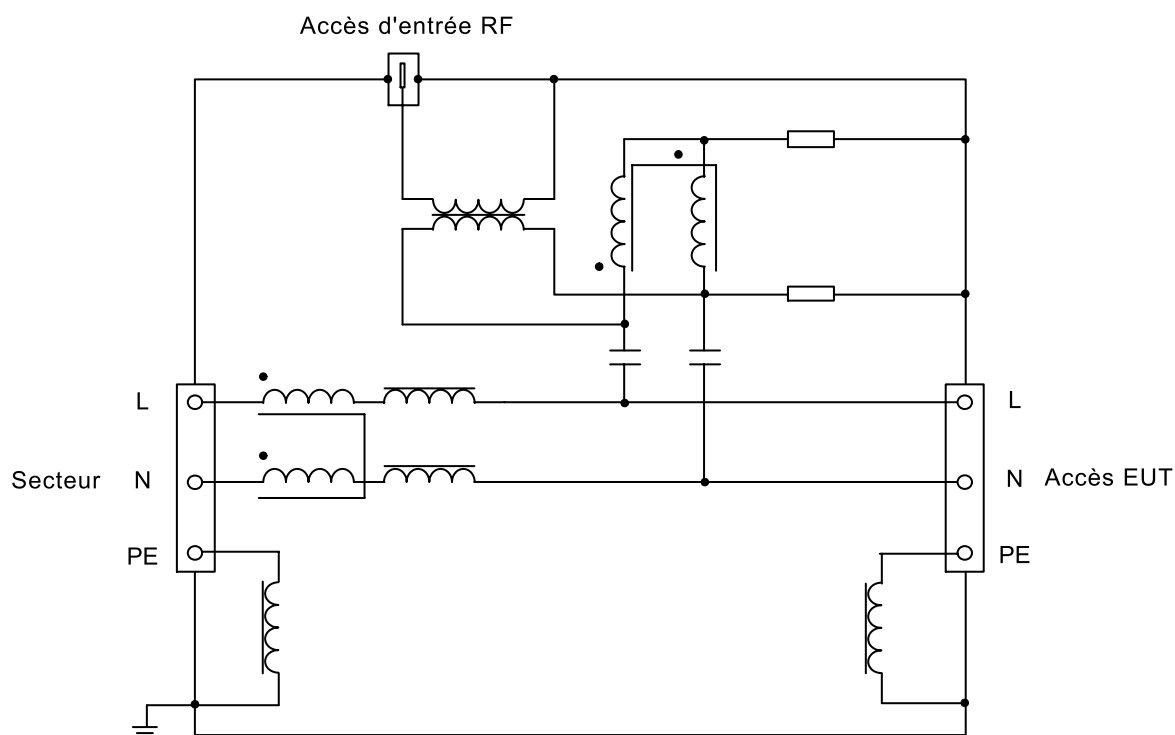
- Les RCDD doivent être utilisés afin d'appliquer le signal d'essai à large bande sur l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif à l'essai de l'EUT et, le cas échéant, afin de découpler et de charger les câbles d'alimentation non soumis à l'essai.
- Les RCD doivent être utilisés afin de découpler ou de charger tous les autres câbles (autres que les câbles d'alimentation) non soumis à l'essai.

6.2.2 RCDD pour l'accès à l'essai

Un RCDD associe les fonctions de couplage et de découplage dans une seule unité; il est utilisé pour injecter le signal d'essai à large bande dans l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif de l'EUT. Le RCDD doit présenter un affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) de 16 dB pour injecter le signal en mode commun et le signal en mode différentiel simultanément. Le Tableau 3 et la Figure 4 représentent respectivement les exigences de base pour les RCDD et un exemple de schéma simplifié.

Tableau 3 – Spécification des principaux paramètres du RCDD pour un courant ≤ 16 A

Paramètre	Mode commun (L + N à PE)	Mode différentiel (L à N)
Plage de fréquences	150 kHz à 80 MHz	150 kHz à 80 MHz
Impédance (accès EUT)	$25 \Omega \pm 3 \Omega$ $0^\circ \pm 25^\circ$	$100 \Omega \pm 25 \Omega$ $0^\circ \pm 25^\circ$
Perte d'insertion (accès d'entrée RF – EUT)	–	3 dB $\pm$ 1 dB
Isolation (accès d'alimentation secteur en c.a. – accès EUT)	> 15 dB	> 15 dB
Affaiblissement de conversion longitudinale (accès EUT)	16 dB $\pm$ 3 dB	



IEC

L, N et PE sont les connexions à la borne d'alimentation

Figure 4 – Exemple de schéma simplifié du circuit du RCDD

6.2.3 Réseaux de couplage/découplage (RCD) pour les câbles non soumis à l'essai

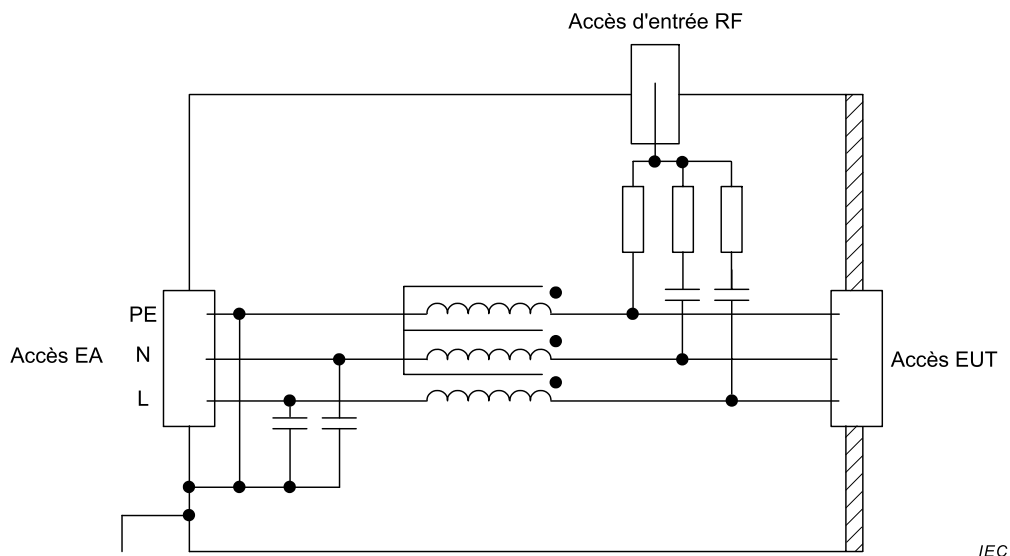
6.2.3.1 Généralités

Ces réseaux comprennent les circuits de couplage et de découplage dans une seule unité. La Figure 5 représente un exemple de réseau de couplage et de découplage destiné à être utilisé avec des accès d'alimentation (autres que des accès d'alimentation secteur en courant alternatif). Le Tableau 4 résume l'utilisation des différents types de RCD selon l'IEC 61000-4-6:2013, Annexe D. Les RCD choisis ne doivent pas affecter trop fortement les signaux fonctionnels. Les contraintes sur de tels effets peuvent être spécifiées dans les normes de produits.

Les RCD utilisés en 6.2.3 pour le découplage des circuits ou pour la définition de l'impédance en mode commun de l'EUT doivent être tels que spécifiés dans l'IEC 61000-4-6.

Tableau 4 – Utilisation des RCD

Type de ligne	Exemples	Type de RCD
Accès d'alimentation (autres que des accès d'alimentation secteur en c.a.) et connexion à la terre	24 V en courant continu dans les installations industrielles, connexion à la terre	RCD-Mx (voir IEC 61000-4-6:2013, Figure D.2)
Câbles blindés	Câbles coaxiaux, câbles utilisés pour les connexions LAN et USB. Câbles pour les systèmes audio	RCD-Sx (voir IEC 61000-4-6:2013, Figure D.1)
Lignes symétriques non blindées	Lignes RNIS, lignes de téléphone	RCD-Tx (voir IEC 61000-4-6:2013, Figures D.4, D.5, D.7 et Annexe H)
Lignes asymétriques non blindées	Toute ligne n'appartenant pas aux autres groupes	RCD-AFx ou RCD-Mx (voir IEC 61000-4-6:2013, Figures D.3 et D.6)



L, N et PE sont les connexions à la borne d'alimentation

Figure 5 – Exemple de réseau de couplage et de découplage pour accès d'alimentation (autres que des accès d'alimentation secteur en courant alternatif)

6.2.3.2 RCD pour les lignes d'alimentation autres que le secteur en courant alternatif

Les réseaux de couplage/découplage tels que RCD-M1, RCD-M2 et RCD-M3 conformément à l'IEC 61000-4-6 doivent être utilisés pour toutes les connexions d'alimentation, excepté les accès d'alimentation secteur en courant alternatif.

6.2.3.3 Lignes symétriques non blindées

Pour le couplage et le découplage de signaux à un câble non blindé à lignes symétriques, un réseau RCD-T2, RCD-T4 ou RCD-T8 doit être utilisé comme spécifié dans l'IEC 61000-4-6:

- RCD-T2 pour un câble à 1 paire symétrique (2 fils);
- RCD-T4 pour un câble à 2 paires symétriques (4 fils);
- RCD-T8 pour un câble à 4 paires symétriques (8 fils).

6.2.3.4 Couplage et découplage des lignes asymétriques non blindées

Pour le couplage et le découplage de signaux à un câble non blindé à lignes asymétriques, un réseau RCD-X approprié tel que défini dans l'IEC 61000-4-6 peut être utilisé, par exemple RCD-AF2 pour 2 fils ou RCD-AF8 pour 8 fils.

6.2.3.5 Couplage et découplage des câbles blindés

Pour le couplage et le découplage de signaux à un câble blindé, par exemple, un réseau RCD-S1 peut être utilisé, comme prescrit dans l'IEC 61000-4-6.

6.2.3.6 Réseaux de découplage

Le réseau de découplage comprend généralement plusieurs inductances pour créer et maintenir une valeur d'impédance élevée sur la plage de fréquences d'essai. Cette inductance déterminée par le matériau de ferrite utilisé doit être d'au moins 280 μH à 150 kHz.

La réactance doit rester élevée, $\geq 260 \Omega$ jusqu'à 24 MHz et $\geq 150 \Omega$ au-delà de 24 MHz. L'inductance peut être obtenue soit par le bobinage d'un certain nombre de tours sur des tores de ferrite, soit par l'utilisation d'un certain nombre de tores de ferrite sur le câble (généralement comme un tube sous forme de pince).

NOTE La spécification relative aux pinces est donnée dans l'IEC 61000-4-6.

Les RCD peuvent être utilisés comme réseaux de découplage avec l'accès d'entrée RF laissé non chargé. Lorsque des RCD sont utilisés de cette façon, ils doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 61000-4-6.

6.3 Vérification des systèmes d'essai

6.3.1 Généralités

Le système d'essai (y compris le générateur d'essai et le RCDD) doit avoir la capacité d'appliquer un signal d'essai à large bande plane et constant à l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif de l'EUT sur la plage de fréquences d'essai.

Les caractéristiques du générateur d'essai et du RCDD sont décrites en 6.1 et en 6.2.2, et les paramètres sont donnés dans les Tableaux 2 et 3 respectivement.

La vérification de la planéité et le réglage de niveau du signal d'essai à large bande applicable à l'EUT sont décrits de 6.3.2 à 6.4.

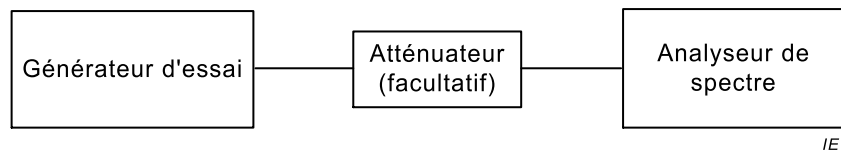
6.3.2 Procédure de vérification de la planéité du générateur d'essai

Le signal à large bande fourni par le générateur d'essai au RCDD doit satisfaire à l'exigence de planéité de $\pm 3 \text{ dB}$ sur la plage de fréquences d'essai.

La vérification de la planéité du signal sur la plage de fréquences d'essai doit être réalisée à l'aide d'un analyseur de spectre et mesurée avec une largeur de bande de résolution de (100 ± 30) kHz.

La Figure 6a) représente le montage de mesure, tandis que la Figure 6b) représente le signal de sortie type du générateur d'essai.

NOTE Pour plus d'informations sur la génération du signal d'essai, se reporter à l'Annexe B.



L'atténuateur facultatif est choisi pour empêcher la surcharge ou l'endommagement de l'analyseur de spectre.

Figure 6a) – Montage pour la vérification du signal d'essai de sortie à large bande du générateur d'essai

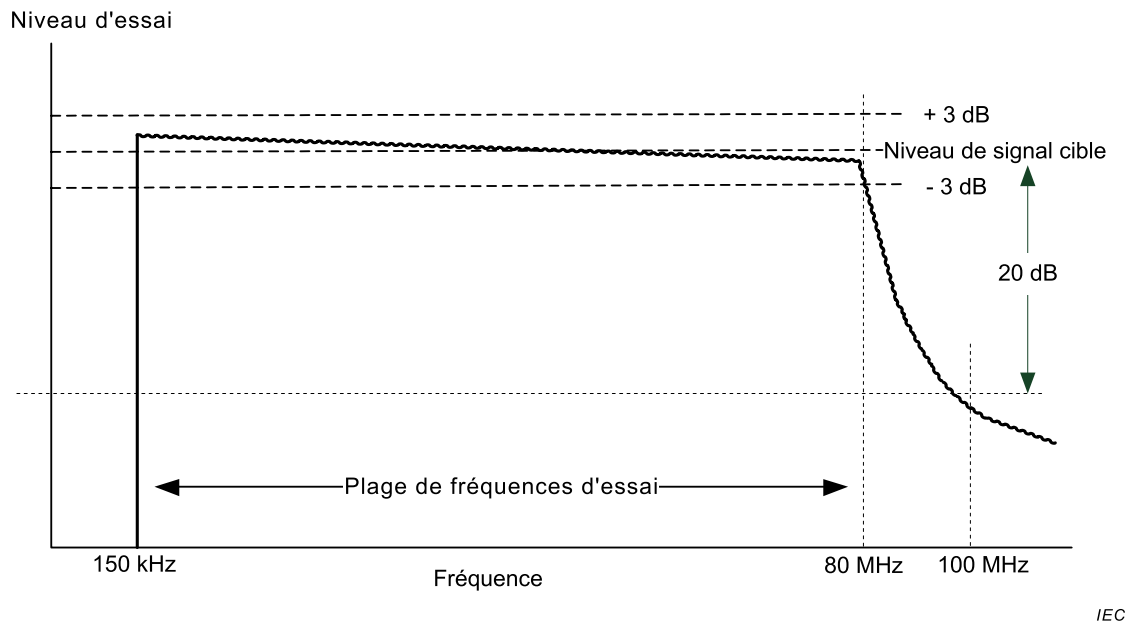


Figure 6b) – Spectre type du signal d'essai de sortie à large bande du générateur d'essai

Figure 6 – Montage d'essai concernant la planéité et le signal d'essai type du générateur d'essai

6.3.3 Procédure de vérification de la perte d'insertion du RCDD à l'aide de montages de transformateurs

Des montages de transformateurs doivent être utilisés pour vérifier le niveau du signal symétrique couplé entre ligne et neutre et les caractéristiques du système de couplage d'injection (qui intègre en partie le RCDD). Lorsqu'un signal d'essai est injecté dans l'accès d'entrée RF d'un RCDD, le montage de transformateur est utilisé pour vérifier le niveau de signal symétrique couplé entre L et N.

Ces montages de transformateurs convertissent l'impédance d'entrée d'une entrée/sortie 50Ω asymétrique en entrée/sortie 100Ω symétrique sur l'ensemble de la plage de fréquences d'essai applicable. La Figure 7 représente un exemple de circuit pour le montage de transformateur.

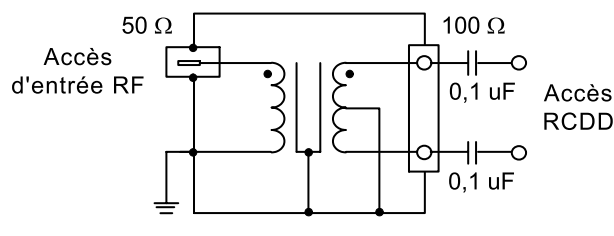


Figure 7 – Schéma de circuit type du montage de transformateur représentant les côtés 50 Ω et 100 Ω du transformateur et 2 éléments de condensateurs de couplage de 0,1 µF

La perte d'insertion des montages de transformateurs doit être mesurée selon les principes donnés aux Figures 8a) à 8c). Trois mesures indépendantes doivent être réalisées afin de déterminer la perte d'insertion de chaque montage de transformateur ainsi que le RCDD.

Au préalable, un étalonnage complet de l'analyseur de réseau vectoriel (VNA) doit être effectué aux deux extrémités de câbles en utilisant un étalonnage TOSM (circuit ouvert, court-circuit, charge adaptée) aux deux accès. Le VNA peut être remplacé par un générateur de signal et un récepteur, si aucun VNA n'est disponible. Puis, des mesures doivent être réalisées selon les principes donnés aux Figures 8a) à 8c) (l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif du RCDD est chargé par une impédance de mode différentiel égale à 100 Ω). La perte d'insertion des montages de transformateurs et du RCDD est calculée comme suit:

Montage de transformateur 1: $A_1 = 0,5 \times (A_{12} + A_{13} - A_{23})$

Montage de transformateur 2: $A_2 = 0,5 \times (A_{12} + A_{23} - A_{13})$

RCDD: $A_3 = 0,5 \times (A_{13} + A_{23} - A_{12})$

où

A_1 est la perte d'insertion du montage de transformateur 1;

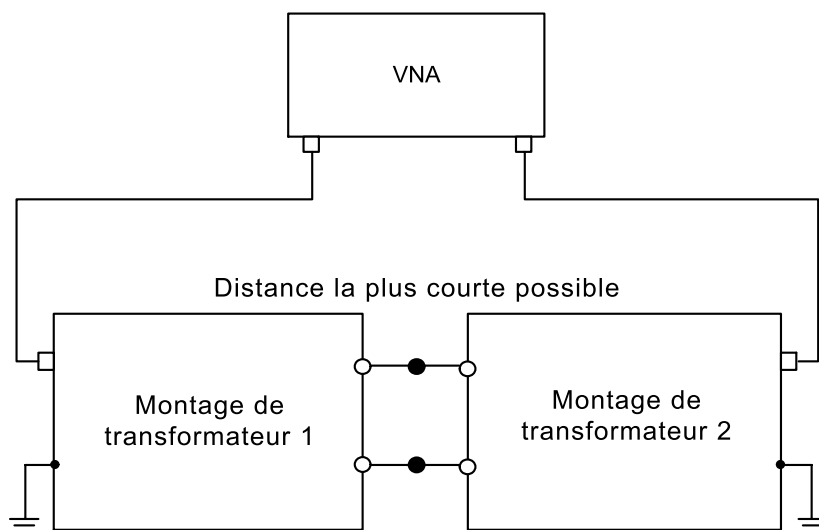
A_2 est la perte d'insertion du montage de transformateur 2;

A_3 est la perte d'insertion du RCDD;

A_{12} est la somme des pertes d'insertion du montage de transformateur 1 et du montage de transformateur 2 (voir Figure 8a);

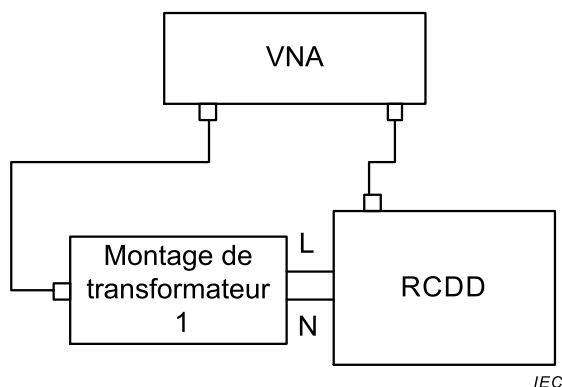
A_{13} est la somme des pertes d'insertion du montage de transformateur 1 et du RCDD (voir Figure 8b);

A_{23} est la somme des pertes d'insertion du montage de transformateur 2 et du RCDD (voir Figure 8c).



IEC

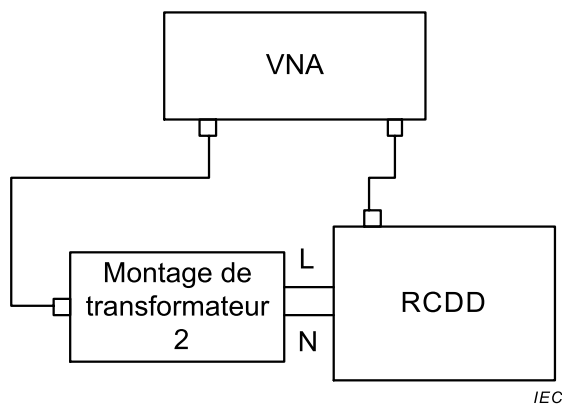
Figure 8a) – Montage de mesure de la perte d'insertion pour la mesure A_{12} sur le montage de transformateur



IEC

L et N sont les connexions à la borne d'alimentation

Figure 8b) – Montage de mesure de la perte d'insertion pour la mesure A_{13} sur le montage de transformateur



IEC

L et N sont les connexions à la borne d'alimentation

Figure 8c) – Montage de mesure de la perte d'insertion pour la mesure A_{23} sur le montage de transformateur

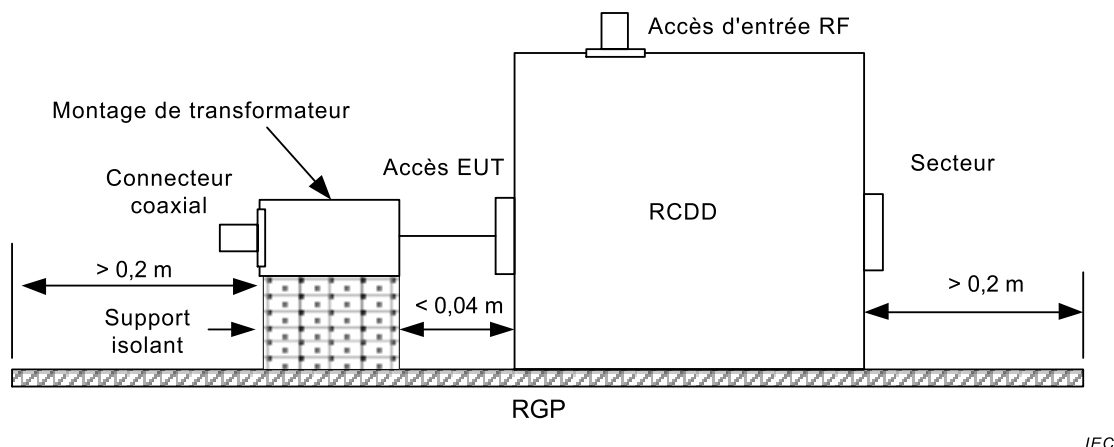
Figure 8 – Spécifications des montages de transformateurs

La perte d'insertion des montages de transformateurs doit être inférieure à 1 dB sur la plage de fréquences applicable. La planéité de la perte d'insertion du RCDD ne doit pas dépasser

± 1 dB. Les valeurs types de perte d'insertion du RCDD sont situées dans la plage de 2 dB à 4 dB.

6.3.4 Perte d'insertion du système de couplage d'injection

Afin de vérifier la perte d'insertion du système de couplage d'injection, le montage d'essai représenté à la Figure 9 doit être utilisé.



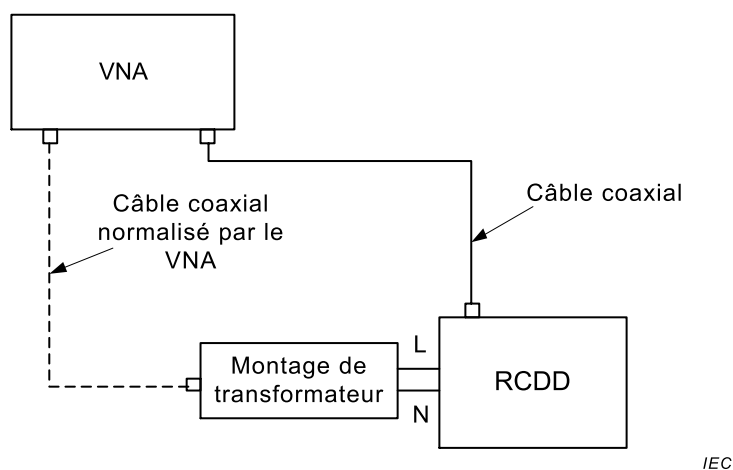
IEC

Figure 9 – Exemple de géométrie de montage à utiliser pour vérifier la perte d'insertion du système de couplage d'injection

Le plan de masse de référence doit s'étendre au moins 0,2 m au-delà du périmètre de l'installation. La hauteur du support isolant sous le montage de transformateur est adaptée pour réduire au minimum la longueur de câble entre le montage de transformateur et le RCDD.

La planéité de la perte d'insertion du système de couplage d'injection (comprenant les câbles coaxiaux, l'atténuateur, le RCDD et le montage de transformateur) utilisé pour les essais doit être vérifiée à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel (VNA) tel que celui représenté à la Figure 10, et doit être comprise dans une plage de $\pm 3,0$ dB.

NOTE Le VNA peut être remplacé par un générateur de signal et un récepteur.



IEC

L et N sont les connexions à la borne d'alimentation

Figure 10 – Montage pour l'évaluation de la perte d'insertion totale du système de couplage d'injection

6.4 Procédure de réglage du niveau d'essai

6.4.1 Généralités

Pour régler correctement le niveau du signal à large bande injecté par le générateur d'essai à l'accès d'entrée RF du RCDD, la procédure décrite en 6.4.2 doit être appliquée. Il est pris pour hypothèse que le générateur d'essai, le RCDD et le montage de transformateur satisfont aux exigences données en 6.2 et en 6.3.

6.4.2 Réglage du niveau de sortie à l'accès EUT du RCDD

La Figure 11 représente le montage utilisé pour ajuster la puissance de sortie du signal à large bande au niveau exigé pour les essais.

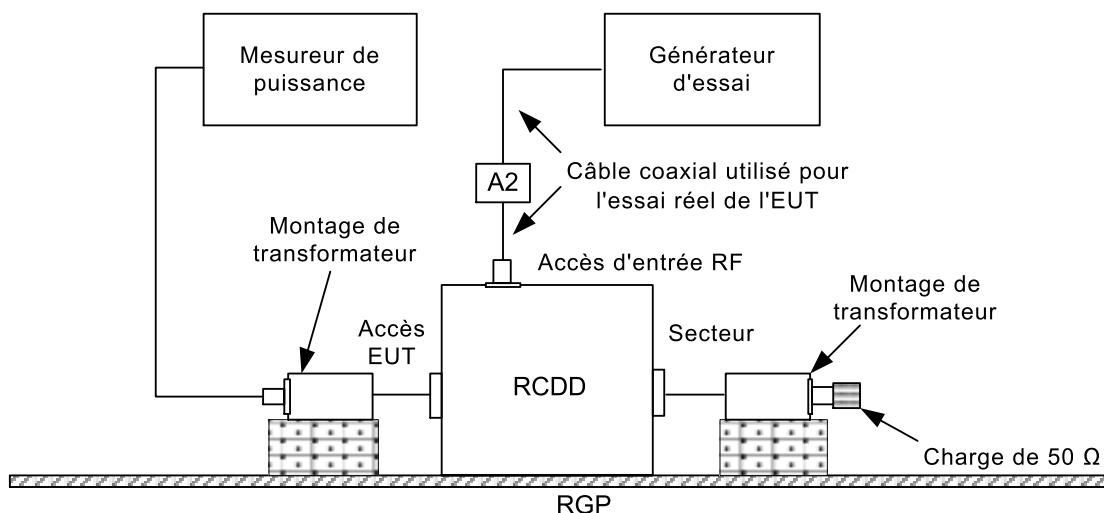
Le générateur d'essai doit être connecté à l'accès d'entrée RF du RCDD. L'accès EUT du RCDD doit être connecté par l'intermédiaire du montage de transformateur à l'équipement de mesure présentant une impédance d'entrée de $50\ \Omega$. L'accès d'alimentation secteur en courant alternatif du RCDD doit être chargé à l'aide d'un deuxième montage de transformateur, chargé par une impédance égale à $50\ \Omega$.

Il convient préférentiellement d'effectuer la mesure de puissance du signal d'essai à large bande à l'aide d'un mesureur de puissance à thermocouple. D'autres types de mesureurs de puissance peuvent être utilisés, si leur adaptabilité (notamment leur linéarité) est prouvée.

A l'aide du montage décrit et de la procédure de mesure suivante, le générateur d'essai doit être ajusté de façon à ce que l'équipement de mesure donne les relevés suivants.

Les étapes à suivre sont les suivantes:

- La puissance directe totale cible est calculée à partir de la Formule (1) donnée à l'Article 5, conformément à un niveau d'essai choisi dans le Tableau 1 et pour la plage de fréquences considérée pour l'essai de l'EUT.
- La sortie du générateur d'essai doit être ajustée pour obtenir un relevé de la puissance directe totale calculée par le mesureur de puissance à la sortie du montage de transformateur connecté à l'accès EUT du RCDD ainsi que déterminé à l'étape a) (voir Figure 11). Les réglages du générateur exigés pour atteindre ce niveau d'essai doivent être enregistrés et doivent être utilisés pour l'essai de l'EUT.



IEC

Légende

A2 atténuateur de puissance facultatif

Figure 11 – Montage pour le réglage de niveau

7 Montage d'essai et méthodes d'injection

7.1 Montage d'essai

L'EUT doit être placé sur un support isolant à $(0,1 \pm 0,05)$ m au-dessus d'un plan de masse de référence. Un support non conducteur à rouleau/roulette placé dans la plage de $(0,1 \pm 0,05)$ m au-dessus du plan de masse de référence peut remplacer le support isolant. Tous les câbles sortant de l'EUT doivent être soutenus à une hauteur d'au moins 30 mm au-dessus du plan de masse de référence.

Si le matériel est conçu pour être monté en panneau, en rack ou en coffret, il doit alors être soumis aux essais dans cette configuration. Lorsqu'un moyen est exigé pour supporter l'échantillon d'essai, le support doit être construit dans un matériau non métallique et non conducteur.

Le câble connecté à l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif à l'essai de l'EUT doit être connecté à l'accès RCDD de l'EUT pour l'application du signal d'essai à large bande. S'il existe plusieurs d'accès d'alimentation secteur en courant alternatif, chaque câble doit être connecté à un RCDD. Tous les autres câbles doivent être connectés à des RCD et/ou des dispositifs de découplage. Ils doivent être situés entre 0,1 m et 0,3 m de l'EUT (distance L dans la présente norme). Cette distance doit être mesurée horizontalement, à partir de la projection de l'EUT sur le plan de masse de référence, jusqu'au RCDD, aux RCD et/ou aux dispositifs de découplage. Se reporter à la Figure 13 pour plus d'informations.

NOTE La distance L n'est pas nécessairement la même de tous les côtés de l'EUT, mais elle se situe entre 0,1 m et 0,3 m.

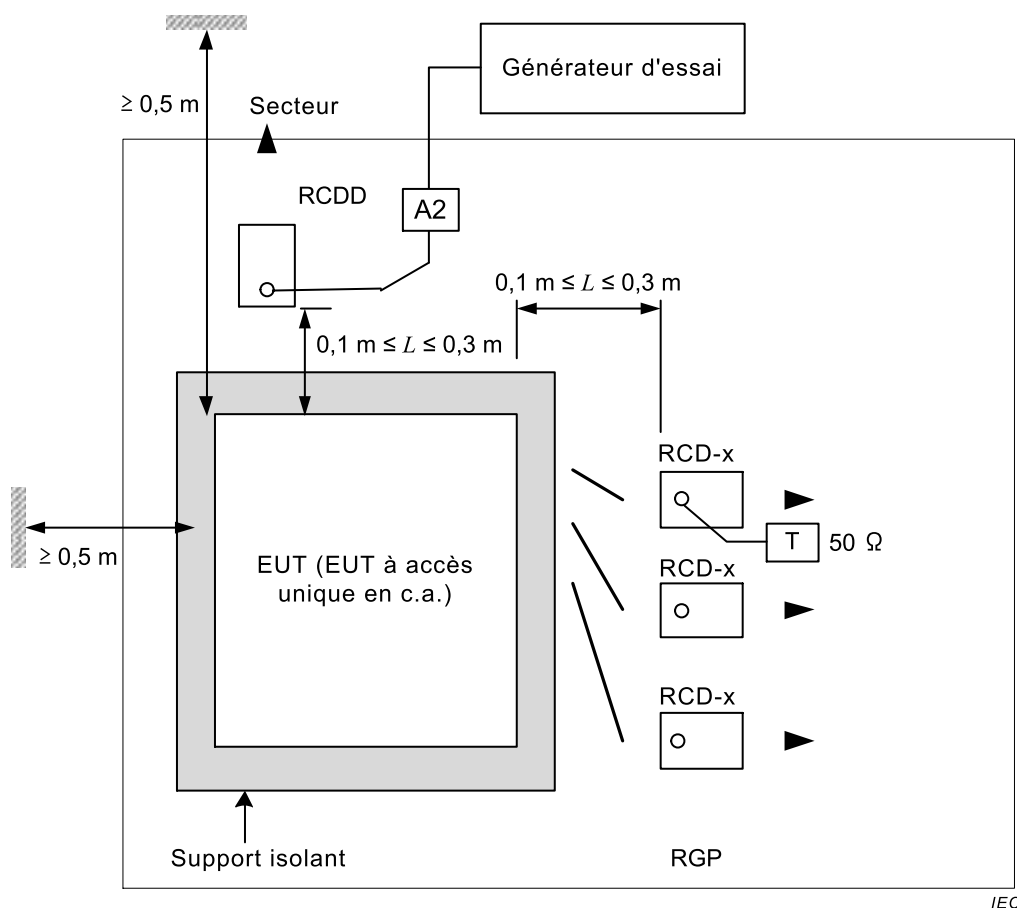
7.2 EUT constitué d'une seule unité

L'EUT doit être placé sur un support isolant au-dessus du plan de masse de référence. Pour les équipements de table, le plan de masse de référence peut être placé sur une table (voir Figure 12). Seul un RCD ou RCDD doit posséder une charge (voir 7.4).

Les dispositifs de couplage et de découplage doivent être placés sur le plan de masse de référence, en contact direct avec celui-ci à une distance comprise entre 0,1 m et 0,3 m de l'EUT. Les câbles situés entre les dispositifs de couplage et de découplage et l'EUT doivent être les plus courts possible et ne doivent pas être rassemblés en faisceau ou enroulés. Ils doivent être placés ou soutenus à une hauteur d'au moins 0,03 m au-dessus du plan de masse de référence. Si l'EUT comporte d'autres bornes de terre, lorsque cela est permis, celles-ci doivent être connectées au plan de masse de référence par l'intermédiaire du réseau de couplage et de découplage RCD-M1.

Si l'EUT comporte un clavier ou un accessoire portable, la main fictive doit être placée sur ce clavier ou enroulée autour de l'accessoire et connectée au plan de masse de référence.

Les équipements auxiliaires (EA) exigés pour le fonctionnement défini de l'EUT selon les spécifications du comité de produits (matériel de télécommunication, modem, etc.), ainsi que les équipements auxiliaires nécessaires au transfert de données et à l'évaluation des fonctions, doivent être connectés à l'EUT par le biais de dispositifs de couplage et/ou de découplage. Il convient de connecter au moins un accès physique de chaque type à un câble et de le découpler de la manière décrite en 7.1.



Légende

T charge de 50 Ω

A2 atténuateur de puissance facultatif

L'EUT doit être placé à au moins 0,5 m de tout objet métallique qui ne fait pas partie du matériel d'essai. Un seul des RCD non utilisés pour l'injection doit être chargé par une impédance égale à 50 Ω fournissant un seul chemin de retour. Tous les autres RCD doivent être configurés comme des réseaux de découplage.

Figure 12 – Exemple de montage d'essai pour un EUT constitué d'une seule unité (vue du dessus)

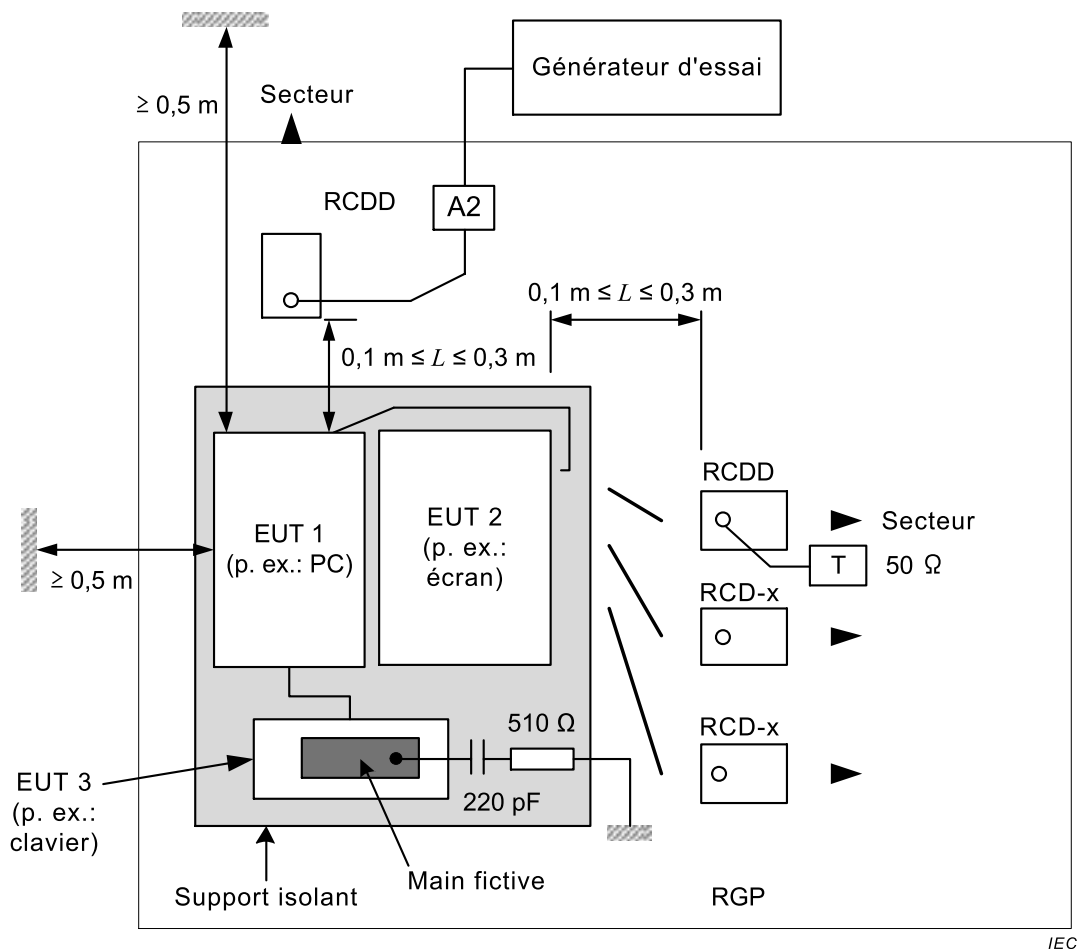
7.3 EUT constitué de plusieurs unités

Les équipements constitués de plusieurs unités interconnectées doivent être soumis à l'essai suivant l'une des méthodes indiquées ci-après.

- Méthode préférentielle: Chaque sous-unité doit être traitée et soumise aux essais séparément comme un EUT unique (voir 7.2), toutes les autres unités étant considérées comme des équipements auxiliaires (EA). Des RCD ou des réseaux de découplage doivent être placés sur les câbles connectés aux sous-unités considérées comme l'EUT. Les accès d'alimentation secteur en courant alternatif de toutes les sous-unités doivent être soumis à l'essai séparément.
- Autre méthode: Les sous-unités qui sont toujours connectées ensemble au moyen de câbles courts (c'est-à-dire ≤ 1 m) et qui font partie du matériel à soumettre aux essais peuvent être considérées comme un EUT unique. Ces câbles interconnectés sont alors considérés comme internes au système. Voir Figure 13.

Les unités qui font partie d'un tel EUT doivent être placées aussi près que possible l'une de l'autre sans être en contact, toutes sur le support isolant. Les câbles d'interconnexion de ces unités doivent aussi être placés sur le support isolant.

L'EUT doit être placé à au moins 0,5 m de tout obstacle métallique qui ne fait pas partie du matériel d'essai.



Légende

T charge de 50 Ω

A2 atténuateur de puissance facultatif

L'EUT doit être placé à au moins 0,5 m de tout objet métallique qui ne fait pas partie du matériel d'essai. Un seul des RCD non utilisés pour l'injection doit être chargé par une impédance égale à 50 Ω fournissant un seul chemin de retour. Tous les autres RCD doivent être configurés comme des réseaux de découplage.

Les câbles d'interconnexion (≤ 1 m) faisant partie de l'EUT doivent rester sur le support isolant.

Figure 13 – Exemple de montage d'essai pour un EUT constitué de plusieurs unités (vue du dessus)

7.4 Application d'une charge au RCD et au RCDD

Un seul des RCD ou RCDD qui sont connectés par des câbles aux accès non soumis à l'essai doit être chargé par une impédance égale à 50 Ω. Tous les autres câbles connectant des accès non soumis à l'essai doivent être découplés à l'aide d'un RCD et/ou de dispositifs de découplage (voir IEC 61000-4-6).

Le RCD ou le RCDD devant faire l'objet d'une charge doit être choisi selon la priorité suivante:

- 1) RCDD utilisé pour la connexion à l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif (non soumis à l'essai);
- 2) RCD-M1 utilisé pour la connexion de la borne de terre;

- 3) RCD- S_n ($n = 1, 2, 3, \dots$): Si l'EUT comporte plusieurs accès RCD- S_n , l'accès le plus proche de l'accès choisi pour l'injection (distance géométrique la plus courte) doit être utilisé;
- 4) RCD-M2 utilisé pour la connexion à l'accès au réseau en courant continu;
- 5) les autres RCD connectés à l'accès le plus proche de l'accès choisi pour l'injection (distance géométrique la plus courte).
 - Si l'EA est connecté directement à l'EUT (p. ex.: aucun découplage sur la connexion ne les relie, voir Figure 14a), il doit être placé sur le support isolant à $(0,1 \pm 0,05)$ m au-dessus du plan de masse de référence et mis à la masse à travers un RCD chargé.
 - Si l'EA est connecté à l'EUT à travers un RCD, sa disposition n'est généralement pas critique et il peut être connecté au plan de masse de référence conformément aux exigences d'installation du fabricant.
 - Si l'EUT ne comporte qu'un accès (à savoir un accès d'alimentation secteur en courant alternatif), celui-ci est connecté au RCDD utilisé pour l'injection.
 - Si l'EUT comporte deux accès et qu'un seul RCDD peut être connecté à l'EUT, l'autre accès doit être connecté à un EA dont l'un de ses autres accès est connecté à un RCDD (accès d'alimentation secteur en courant alternatif) ou à un RCD chargé par une impédance égale à 50Ω selon la priorité susmentionnée (voir Figure 14a). Toutes les autres connexions de l'EA doivent être découplées. Si un EA connecté à l'EUT présente une erreur au cours de l'essai, il convient de connecter un dispositif de découplage (de préférence une pince EM chargée) entre l'EUT et l'EA (voir Figure 14b).
 - Si l'EUT comporte plus de deux accès et que seul un RCDD peut être connecté à l'EUT, ce dernier doit être soumis à l'essai selon la procédure prévue pour deux accès, mais tous les autres accès EUT doivent être découplés. Si un EA connecté à l'EUT présente une erreur au cours de l'essai, il convient de connecter un dispositif de découplage (de préférence une pince EM chargée) entre l'EUT et l'EA, selon la procédure susmentionnée.

L'essai doit être effectué avec le générateur d'essai produisant le signal d'essai à l'accès d'entrée RF du RCDD connecté au réseau d'alimentation secteur en courant alternatif. Tous les autres accès non soumis à l'essai doivent être traités de la manière décrite en 7.4.

Un FPB et/ou un FPH peuvent être exigés à la sortie du générateur d'essai afin d'éviter que des harmoniques d'ordre supérieur ou des sous-harmoniques ne perturbent l'EUT. Les caractéristiques de la bande d'arrêt du FPB doivent être suffisantes pour supprimer les harmoniques, afin que ces dernières n'affectent pas les résultats. Ces filtres doivent être en place avec le générateur d'essai lors du réglage du niveau d'essai.

Le signal d'essai à large bande doit être appliqué à l'EUT conformément au niveau d'essai choisi dans la plage de fréquences considérée et en utilisant la puissance directe totale établie par la procédure de réglage du niveau d'essai donnée en 6.4.2. La modulation d'impulsions choisie par le comité de produit est appliquée au signal d'essai au cours du temps de palier. La modulation d'impulsions vise à simuler le comportement de modulation d'un signal perturbateur. Le temps de palier pour l'application du signal d'essai d'immunité à large bande ne doit pas être inférieur au temps nécessaire à l'EUT pour fonctionner et répondre, et ne doit en aucun cas être inférieur à 60 s.

9 Evaluation des résultats d'essai

Les résultats d'essai doivent être classés en fonction de la perte de fonction ou de la dégradation des performances du matériel soumis à l'essai, par rapport à un niveau de performance défini par son fabricant ou par le demandeur de l'essai, ou selon un accord entre le fabricant et l'acheteur du produit. La classification recommandée est la suivante:

- a) performances normales dans les limites spécifiées par le fabricant, le demandeur ou l'acheteur;
- b) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire des performances cessant après la disparition de la perturbation, après quoi le matériel soumis à l'essai retrouve ses performances normales sans l'intervention d'un opérateur;
- c) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire des performances dont la correction nécessite l'intervention d'un opérateur;
- d) perte de fonction ou dégradation des performances non récupérable due à une avarie du matériel ou du logiciel, ou à une perte de données.

La spécification du fabricant peut définir des effets sur l'EUT qui peuvent être considérés comme non significatifs et donc acceptables.

Cette classification peut être utilisée par les comités responsables des normes génériques, de produit et de famille de produits comme un guide pour l'élaboration des critères de performance, ou comme un cadre pour l'accord sur les critères de performance entre le fabricant et l'acheteur, par exemple lorsqu'aucune norme générique, de produit ou de famille de produits appropriée n'existe.

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre toutes les informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, il doit préciser:

- l'identification de l'EUT et de tous les matériels associés (p. ex.: marque, type de produit, numéro de série);
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EUT;
- si l'EUT est soumis à l'essai comme unité seule ou multiple;
- les types de câbles d'interconnexion, y compris leur longueur, ainsi que l'accès d'interface de l'EUT auquel ils étaient connectés;

- toutes les conditions spécifiques d'utilisation (p. ex.: longueur ou type de câble, blindage ou mise à la terre) ou de fonctionnement de l'EUT, qui doivent être conformes;
- le temps de rétablissement de l'EUT, le cas échéant;
- le type de moyen d'essai utilisé et la position de l'EUT, du ou des EA, ainsi que des dispositifs de couplage et de découplage;
- l'identification du matériel d'essai (p. ex.: marque, type de produit, numéro de série);
- les dispositifs de couplage et de découplage utilisés sur chaque câble;
- pour chaque accès d'injection, préciser quels dispositifs de découplage ont été chargés par une impédance égale à 50 Ω ;
- une description de la méthode d'application de stimuli de l'EUT;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- la plage de fréquences d'application de l'essai;
- la vitesse du temps de palier;
- le niveau d'essai appliqué;
- le niveau de performance défini par le fabricant, le demandeur ou l'acheteur;
- les critères de performance qui ont été appliqués;
- tous les effets observés sur l'EUT pendant ou après l'application de la perturbation d'essai, ainsi que la durée pendant laquelle ces effets ont perduré;
- la justification de la décision succès/échec (par rapport au critère de performance spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits, ou selon l'accord entre le fabricant et l'acheteur).

Annexe A (informative)

Incertitude de mesure du niveau d'essai de la densité spectrale de puissance

A.1 Généralités

L'Annexe A fournit des informations relatives à l'incertitude de mesure (IM) de la densité spectrale de puissance produite par l'instrumentation d'essai en fonction des besoins particuliers de la méthode d'essai énoncés dans le corps de la norme. De plus amples informations sur l'IM peuvent être consultées en [1, 2 et 3]¹.

L'Annexe A prend pour exemple les incertitudes de réglage de niveau et montre comment un budget d'incertitude peut être préparé sur la base de l'incertitude de l'instrumentation de mesure et de la procédure de réglage du niveau d'essai de la densité spectrale de puissance décrite en 6.4.

Le sujet de l'Annexe A est l'évaluation de l'IM de la puissance injectée définie dans le cas d'une impédance d'EUT de 100 Ω , telle qu'exigée par la procédure de réglage du niveau d'essai donnée en 6.4. L'analyse des questions de non-reproductibilité, relative aux essais réalisés par différents laboratoires sur le même EUT, ne relève pas du domaine d'application de l'Annexe A.

A.2 Budgets d'incertitude pour les méthodes d'essai

A.2.1 Symboles généraux

Les symboles généraux figurant dans le Tableau A.1 et répertoriés ci-dessous constituent un sous-ensemble de ceux définis en [1].

X_i	est la grandeur d'entrée;
x_i	est l'estimation de X_i ;
$u(x_i)$	est l'incertitude type de x_i ;
c_i	est le coefficient de sensibilité;
y	est le résultat d'une mesure (estimation du mesurande) corrigé pour tous les effets systématiques significatifs reconnus;
$u_c(y)$	est l'incertitude type (combinée) de y ;
$U(y)$	est l'incertitude étendue de y ;
k	est le facteur de couverture.

A.2.2 Définition du mesurande

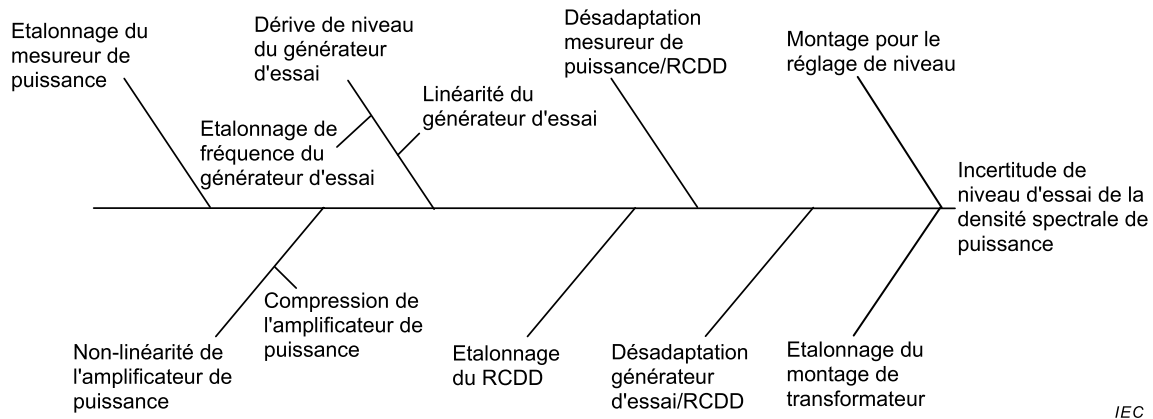
Le mesurande est la densité spectrale de puissance SP définie à l'Article 5 et fournie à une charge de 100 Ω par l'accès EUT du RCDD.

A.2.3 Contributeurs de l'IM du mesurande

Le diagramme d'influence suivant (Figure A.1) donne des exemples des grandeurs qui influencent le niveau d'essai de la densité spectrale de puissance. Il convient de comprendre que le diagramme n'est pas exhaustif. Les contributeurs les plus importants du diagramme

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

d'influence ont été choisis pour l'exemple de calcul du budget d'incertitude du Tableau A.1. Les contributeurs répertoriés au Tableau A.1 doivent au minimum être utilisés pour calculer les incertitudes de mesure de manière à obtenir des budgets comparables pour différents sites ou laboratoires d'essai. Il est à noter qu'un laboratoire peut inclure des contributeurs additionnels (p. ex.: Type A) dans le calcul de l'IM, sur la base de ses conditions particulières.



IEC

Figure A.1 – Exemple d'influences sur le niveau d'essai de la densité spectrale de puissance avec un RCDD

A.2.4 Grandeurs d'entrée et exemples de calcul de l'incertitude élargie

Les exemples ci-dessous prennent pour hypothèse que la même instrumentation est utilisée pour la procédure de réglage de niveau de la densité spectrale de puissance et pour la génération du niveau d'essai de la densité spectrale de puissance (le montage de mesure utilisé pour le réglage du niveau d'essai est celui représenté à la Figure 11), à l'exception de l'équipement de mesure (mesureur de puissance à thermocouple plus montage de transformateur) qui n'est pas présent pendant l'essai.

Ainsi, le niveau de la densité spectrale de puissance généré pendant l'essai est affecté par la même incertitude qui affecte la densité spectrale de puissance générée au cours du processus de réglage des niveaux. La contribution à l'incertitude de mesure due à la non-répétabilité (p. ex.: causée par une dérive de l'instrumentation de mesure) est prise en compte.

Le Tableau A.1 donne un exemple de budget d'incertitude pour le réglage de niveau de la densité spectrale de puissance.

La fonction modèle pour la densité spectrale de puissance du RCDD, SD , générée au cours du processus de réglage de niveau (toutes les grandeurs sont exprimées en unités logarithmiques) est:

$$SD = PM_r - IL - \Delta B + PM_{cal} + FL_G + FL_C + R$$

où

- SD est la densité spectrale de puissance (mesurande);
- PM_r est le relevé du mesureur de puissance;
- IL est la perte d'insertion du montage de transformateur (voir 6.3.3);
- ΔB est la bande de fréquences d'essai;
- PM_{cal} est la correction destinée à l'étalonnage du mesureur de puissance;
- FL_G est la correction pour la planéité du générateur d'essai (voir 6.3.2);

FL_C est la correction pour la planéité de la chaîne d'instrumentation d'essai entre l'accès de sortie du générateur d'essai et l'accès EUT du RCDD (voir 6.3.4);

R est la correction pour la répétabilité.

Tableau A.1 – Processus de réglage de niveau avec un RCDD

x_i	Description	Limit of error	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
PM_r	Power meter reading	0,1	dB	rectangular	1,73	0,06	dB	1	0,06	dB	0,00
IL	Insertion loss of the transformer jig	0,5	dB	normal $k=2$	2	0,25	dB	1	0,25	dB	0,06
ΔB	Test frequency band	0	dB	normal $k=2$	2	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
PM_{cal}	Power meter calibration	0,2	dB	normal $k=2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
FL_G	Flatness of the test generator	1	dB	rectangular	1,73	0,58	dB	1	0,58	dB	0,33
FL_C	Flatness of the test chain	2	dB	rectangular	1,73	1,16	dB	1	1,16	dB	1,34
R	Repeatability	0,5	dB	normal $k=1$	1	0,50	dB	1	0,50	dB	0,25
$\sum u_i(y)^2$											2,00
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,41
Expanded Uncertainty $U = u(y) \times k, k = 2$											2,83 dB

Anglais	Français
Description	Description
Limit of error	Limite d'erreur
Unit	Unité
Distribution	Distribution
Divisor	Diviseur
Power meter reading	Relevé du mesureur de puissance
Insertion loss of the transformer jig	Perte d'insertion du montage de transformateur
Test frequency band	Bande de fréquences d'essai
Power meter calibration	Étalonnage du mesureur de puissance
Flatness of the test generator	Planéité du générateur d'essai
Flatness of the test chain	Planéité de la chaîne d'essai
Repeatability	Répétabilité
Rectangular	Rectangulaire
Normal	Normal
Combined uncertainty	Incertitude combinée
Expanded uncertainty	Incertitude étendue

Explication des symboles:

PM_r Il s'agit du relevé du mesureur de puissance à thermocouple. L'incertitude du relevé est due à la résolution de l'affichage et à l'instabilité de l'indication elle-même.

IL Il s'agit de la perte d'insertion du montage de transformateur, mesurée conformément à la procédure décrite en 6.3.3. L'incertitude de mesure de IL provient de l'imprécision de l'analyseur de réseau et du courant en mode commun qui circule dans le montage de mesure. La planéité de IL est prise en compte par le terme FL_C (voir ci-dessous).

ΔB Il s'agit de la bande de fréquences occupée par le signal d'essai. L'incertitude de ce terme provient de l'imprécision de fréquence du générateur d'essai.

PM_{cal} Il s'agit du facteur d'étalonnage du mesureur de puissance. Son incertitude est indiquée dans le certificat d'étalonnage du mesureur de puissance. Il est recommandé de prendre en considération l'incertitude d'étalonnage, la non-linéarité et la dérive lors du calcul de l'incertitude combinée de ce terme. Il est pris pour hypothèse que le facteur d'étalonnage demeure essentiellement constant dans la

bande de fréquences d'essai. Si la variation du facteur d'étalonnage dans la bande de fréquences d'essai ne peut pas être négligée, la contribution à l'incertitude correspondante est calculée et intégrée.

- FL_G Il s'agit de la correction pour la planéité du générateur d'essai (voir 6.3.2). Sa valeur attendue est 0 dB, et ses limites minimales et maximales peuvent être obtenues à partir d'une mesure ou d'une spécification, le cas échéant.
- FL_C Il s'agit de la correction pour la planéité de la chaîne d'instrumentation d'essai entre l'accès de sortie du générateur d'essai et l'accès EUT du RCDD. Sa valeur attendue est 0 dB, et ses limites minimales et maximales peuvent être obtenues à partir de la mesure de la perte d'insertion décrite en 6.3.4.
- R Il s'agit de la correction pour la non-répétabilité du montage de mesure et de l'instrumentation d'essai. Sa valeur attendue est 0 dB, et son écart type est évalué après plusieurs répétitions indépendantes du processus de réglage de niveau. Il convient de concevoir les répétitions de telle sorte que les principales causes de non-répétabilité soient détectées, par exemple les variations environnementales (températures et humidité), les connecteurs de câbles, la dérive de l'instrumentation électronique, les différents opérateurs et les différents agencements.

A.3 Expression de l'incertitude de mesure calculée et de son application

L'IM est calculée en unités logarithmiques pour garantir son homogénéité avec les contributions d'incertitude à l'incertitude du niveau d'essai de la densité spectrale de puissance (p. ex.: spécification de l'amplitude du mesureur de puissance et étalonnage de la perte d'insertion de l'adaptateur), généralement exprimée en dB. La meilleure estimation doit donc aussi être exprimée en unités logarithmiques (p. ex.: dBm/Hz).

La densité spectrale de puissance doit être indiquée à la fois en termes de meilleure estimation et d'incertitude élargie.

Un exemple de présentation de l'incertitude de mesure est donné ci-dessous:

En unités logarithmiques:

$$SD = -49,3 \text{ dBm/Hz} \pm 2,8 \text{ dB}$$

Cela correspond sur l'échelle linéaire à:

$$SD = 11,7 \text{ nW/Hz} + (32 \%) - (48 \%)$$

La valeur de l'IM calculée peut être utilisée pour différents objectifs, par exemple comme indiqué par des normes de produits ou pour l'accréditation de laboratoire. Il n'est pas prévu que le résultat de ce calcul soit utilisé pour ajuster le niveau d'essai qui est appliqué aux EUT lors du processus d'essai.

Annexe B (informative)

Justification du choix de la source à large bande préférentielle – Informations relatives à la génération d'un signal d'essai

B.1 Généralités

La présente norme définit un signal à large bande et à largeur de bande limitée comme signal d'essai. Les signaux à large bande et à largeur de bande limitée peuvent être générés de différentes manières. Dans les cas où l'immunité aux signaux produits par des alimentations à découpage et des dispositifs analogues est évaluée, un signal impulsionnel peut être approprié. Pour les systèmes de communication (p. ex.: par courants porteurs en ligne) utilisés comme source de perturbations, un schéma multiplexage par répartition en fréquence orthogonale (OFDM) semble plus approprié. Dans le domaine fréquentiel (sans prise en considération de l'angle de phase), les signaux semblent relativement similaires, mais diffèrent nettement dans le domaine temporel. L'Annexe B donne quelques lignes directrices concernant la production de signaux à large bande et à largeur de bande limitée et explique pourquoi un signal de bruit aléatoire (physique) est choisi comme signal préférentiel. En outre, le matériau peut être utile dans les cas où des problèmes spécifiques à la CEM nécessitent d'être évalués sur la base de signaux plus représentatifs de la source réelle de perturbations.

B.2 Principes de génération de signaux à large bande et à largeur de bande limitée

B.2.1 Généralités

Les exemples donnés ici ne sont pas exhaustifs, mais expliquent les principes de génération d'un signal à large bande.

Trois principes de base pour la génération de signaux à large bande et à largeur de bande limitée peuvent être distingués:

- utilisation d'un générateur de signal à large bande et limitation de la bande de fréquences par un filtre passe-bande joint (bruit physique, pseudo bruit);
- utilisation d'un générateur d'impulsions avec une forme d'impulsion appropriée;
- génération d'un signal qui contient exclusivement, de manière délibérée, des fréquences d'une certaine bande de fréquences (schéma OFDM).

B.2.2 Génération de bruit (réellement) aléatoire

La génération de bruit réellement aléatoire utilise une source de bruit blanc (p. ex.: bruit de grenaille dans une diode à semiconducteurs). Pour la limitation de bande, un filtre passe-bande restreint la répartition spectrale de la sortie du générateur de bruit à la bande de fréquences exigée (voir Figures B.1a et B.1b). Les caractéristiques du filtre déterminent le spectre du signal créé. Des filtres d'ordre supérieur nécessitent d'être réalisés afin de satisfaire aux exigences concernant les pentes aux fréquences limites.

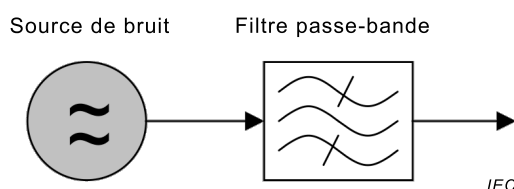
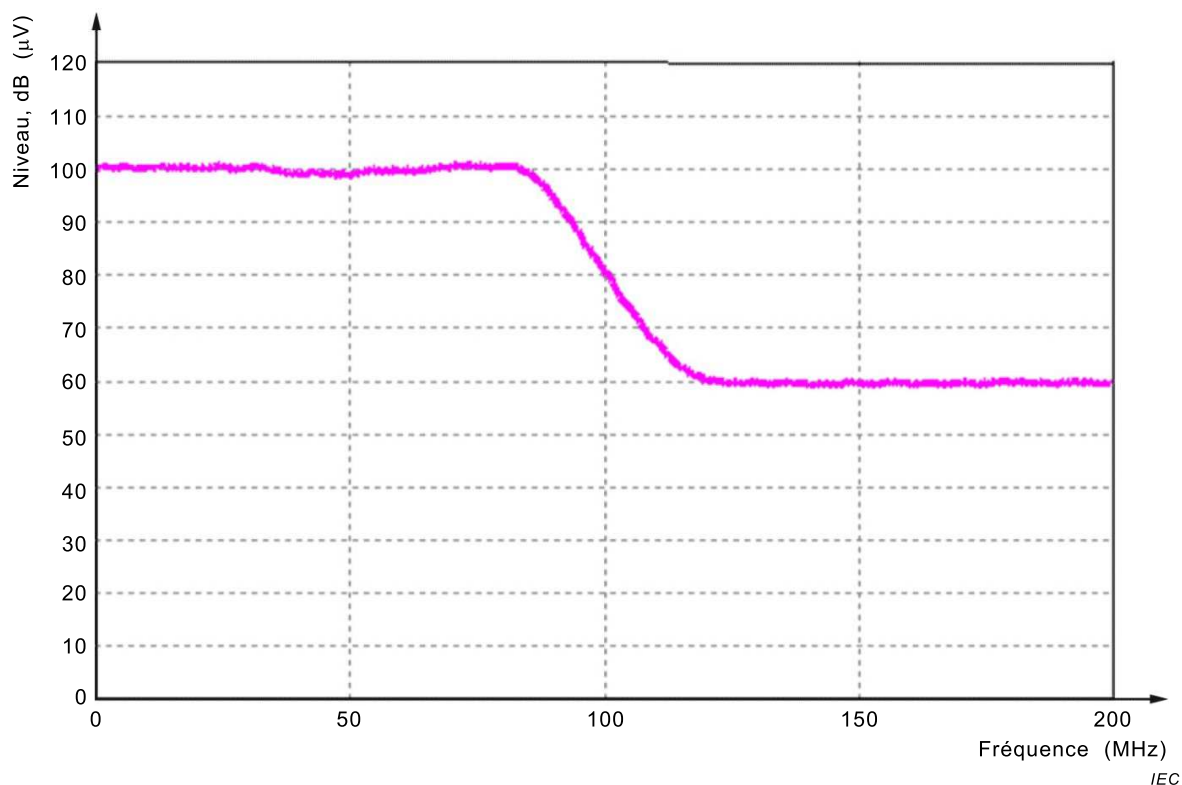


Figure B.1a) – Principe de génération de bruit réellement aléatoire



Les caractéristiques de largeur de bande/filtre dépendent des exigences de pentes énoncées dans le corps de la présente norme.

Figure B.1b) – Exemple de signal de bruit aléatoire à largeur de bande limitée

Figure B.1 – Source de bruit blanc

B.2.3 Séquence de bruit pseudo-aléatoire

La source de bruit réellement aléatoire peut être remplacée par une séquence de nombres aléatoires chargée dans la mémoire d'un générateur de formes d'onde arbitraires (AWG). Pour faciliter la mise en œuvre du filtre de bande, l'échantillon de séquence peut être préconditionné. Ainsi, seul un filtre anti-alias est physiquement nécessaire à la sortie de l'AWG (voir Figure B.2). La conception de ce filtre n'est pas aussi exigeante que pour la génération de bruit réellement aléatoire lorsqu'une fréquence d'échantillonnage de l'AWG suffisamment large est choisie. La fréquence limite du filtre anti-alias correspond habituellement à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

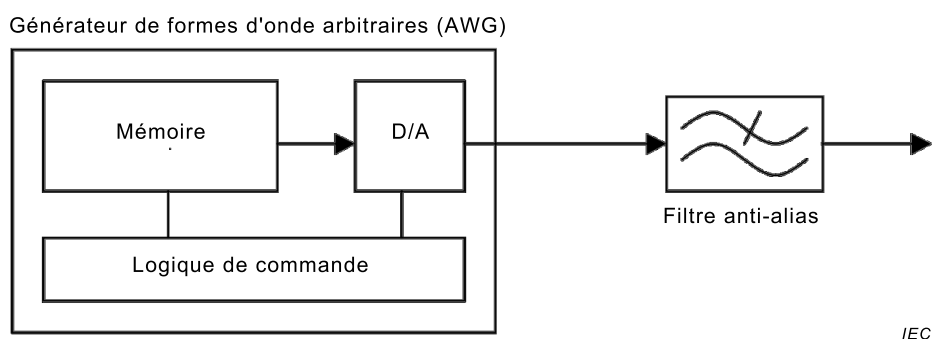


Figure B.2 – Principe de génération d'un signal à large bande et à largeur de bande limitée à l'aide d'un générateur de formes d'onde arbitraires

Soit $s(t)$ la séquence de nombres aléatoires. Ce signal est indépendant de la fréquence (au moins dans un intervalle de fréquences égal à la moitié de la fréquence d'échantillonnage) et peut être exprimé dans le domaine fréquentiel sous la forme de $S(\omega)$. Le filtrage peut être effectué dans le domaine fréquentiel en multipliant $S(\omega)$ par une caractéristique de filtre $H_F(\omega)$. Une fonction rectangulaire $H_n(\omega)$ dans le domaine fréquentiel:

$$H_n(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{si } |\omega| < \omega_n \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (\text{B.1})$$

correspond à la fonction $h_n(t)$ dans le domaine temporel:

$$h_n(t) = \frac{\omega_n}{\pi} \cdot \text{sinc}(\omega_n \cdot t) \quad (\text{B.2})$$

avec:

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}. \quad (\text{B.3})$$

Le filtre du spectre de signal souhaité ayant une fréquence limite minimale f_1 ($\rightarrow \omega_1 \rightarrow H_1(\omega)$) et une fréquence limite maximale f_2 ($\rightarrow \omega_2 \rightarrow H_2(\omega)$) est:

$$H_F(\omega) = H_2(\omega) - H_1(\omega) \quad (\text{B.4})$$

avec la réponse impulsionnelle correspondante dans le domaine temporel:

$$h_F(t) = \frac{\omega_2}{\pi} \text{sinc}(\omega_2 \cdot t) - \frac{\omega_1}{\pi} \text{sinc}(\omega_1 \cdot t) \quad (\text{B.5})$$

L'application du filtre à la séquence de nombres aléatoires dans le domaine fréquentiel correspond à une multiplication. Dans le domaine temporel, elle devient une opération de convolution:

$$g(t) = h_F(t) s(t) \quad (\text{B.6})$$

Si cette séquence $g(t)$ est chargée dans la mémoire d'un AWG, le spectre correspondant est le spectre défini dans la partie principale de la norme.

La Figure B.3 représente le spectre mesuré avec un récepteur de mesure (détecteur AV, largeur de bande de résolution 120 kHz, palier de fréquence 50 kHz) pour un signal généré avec un AWG paramétré comme suit:

- fréquence d'échantillonnage 250 MS/s;
- longueur d'échantillonnage 500 μ s (125 000 points);
- résolution verticale de 14 bits;
- largeur de bande analogique de 100 MHz;
- limite de bande minimale 150 kHz;
- limite de bande maximale 80 MHz.

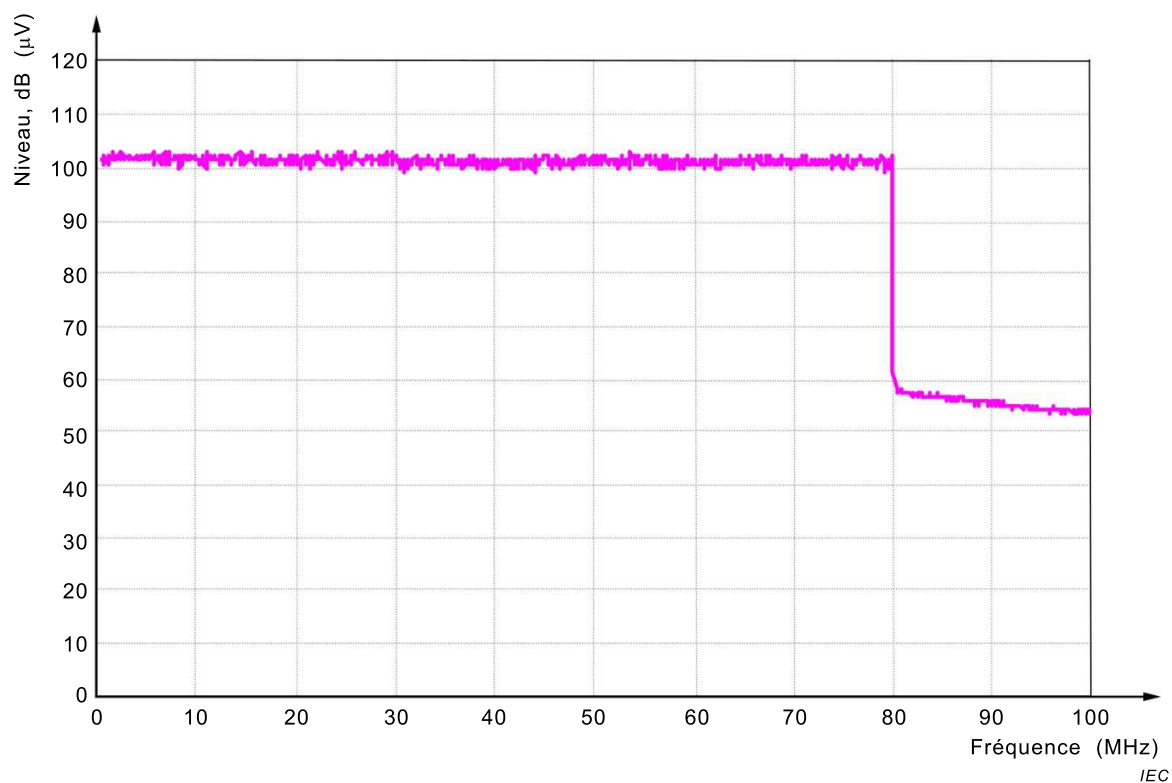


Figure B.3 – Spectre du signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)

La Figure B.4 représente un extrait de la sortie dans le domaine temporel.

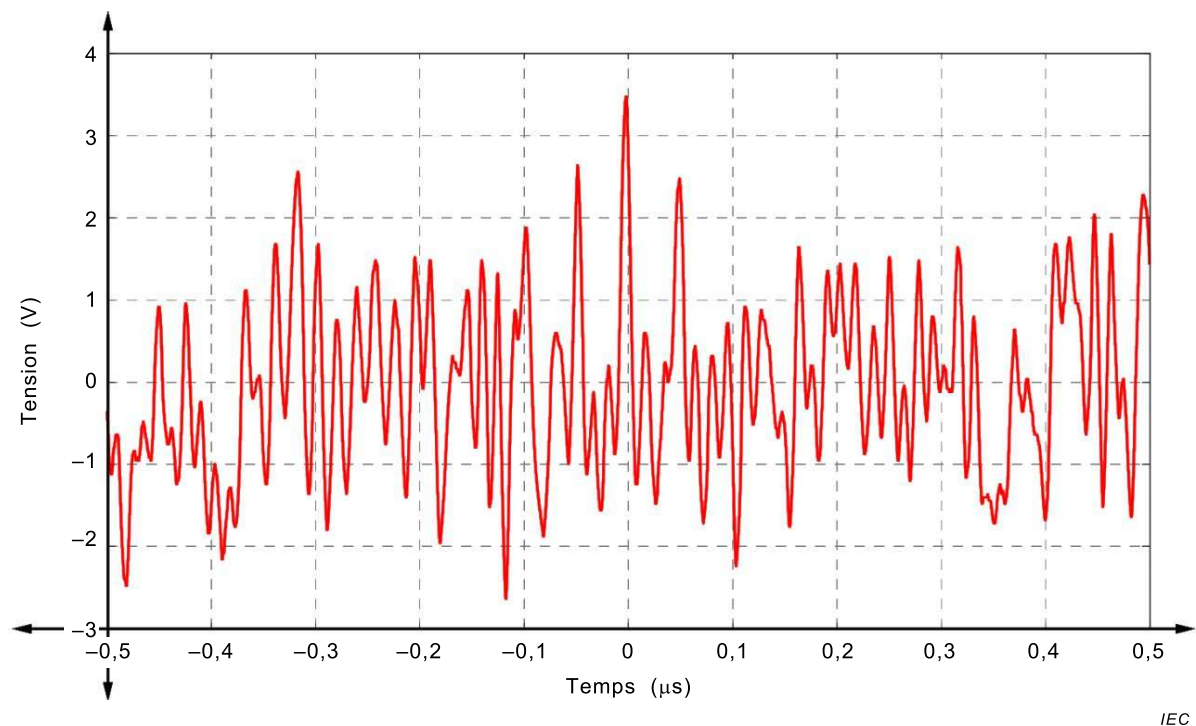


Figure B.4 – Extrait du signal de pseudo bruit à largeur de bande limitée dans le domaine temporel (mesuré avec un oscilloscope)

Le fait que certains des AWG disponibles sur le marché ne comportent pas de filtre anti-alias intégré doit être pris en compte. Dans ce cas, des fréquences miroirs apparaissent à l'extrémité supérieure du spectre (voir Figure B.5). Pour éviter ces composantes spectrales, un filtre anti-alias externe doit être appliqué.

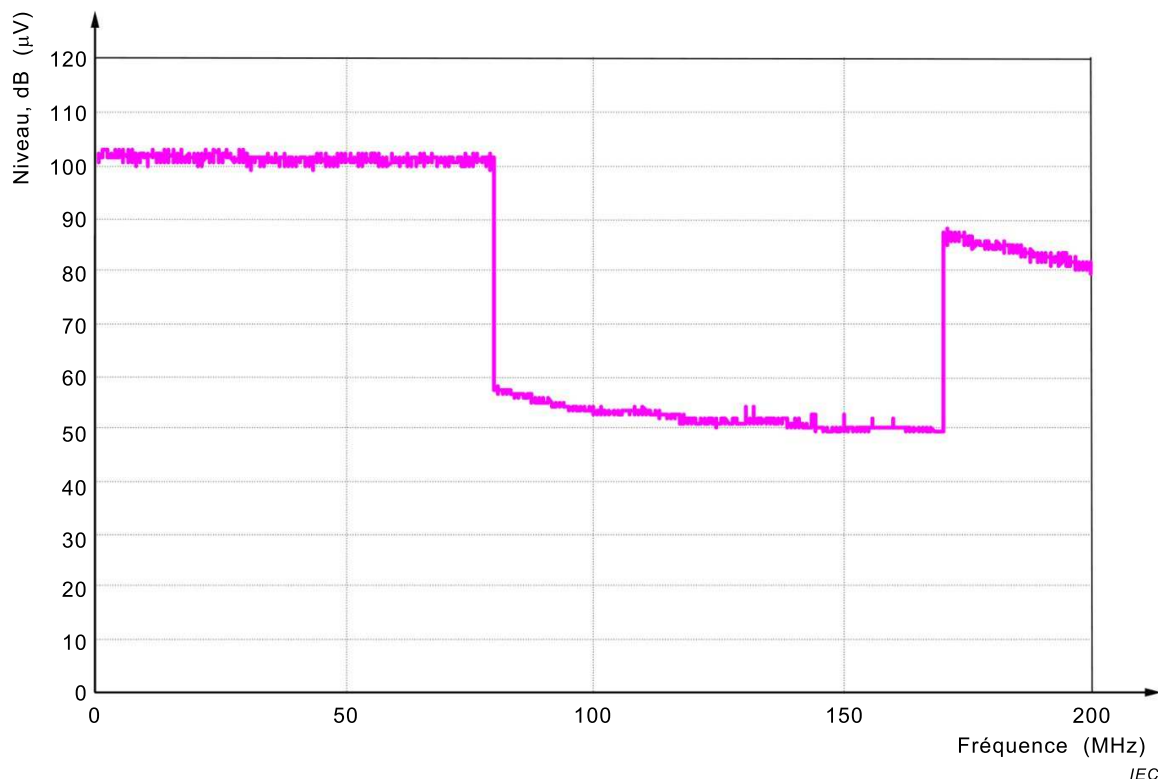


Figure B.5 – Spectre du signal de pseudo bruit à largeur de bande limitée sans filtre anti-alias

Il existe une autre différence par rapport au signal de bruit produit physiquement décrit en B.2.2. Dans la mesure où la longueur de la séquence d'échantillonnage est finie, il convient que les périodes aléatoires contiennent plus de $(2^{15}-1)$ échantillons et que la même séquence soit répétée successivement par le générateur afin de produire un signal continu. Mathématiquement, cela peut être décrit par convolution du signal d'échantillonnage avec une longueur finie et un signal de peigne. Dans le domaine fréquentiel, cela correspond à une multiplication du spectre du signal obtenu pour la séquence unique par un peigne de fréquence, laquelle donne un spectre de peigne. Le peigne de fréquence correspond à la longueur de la séquence. Avec une longueur de séquence de 500 μs, un peigne avec un intervalle de fréquence de 2 kHz se produit (voir Figure B.6).

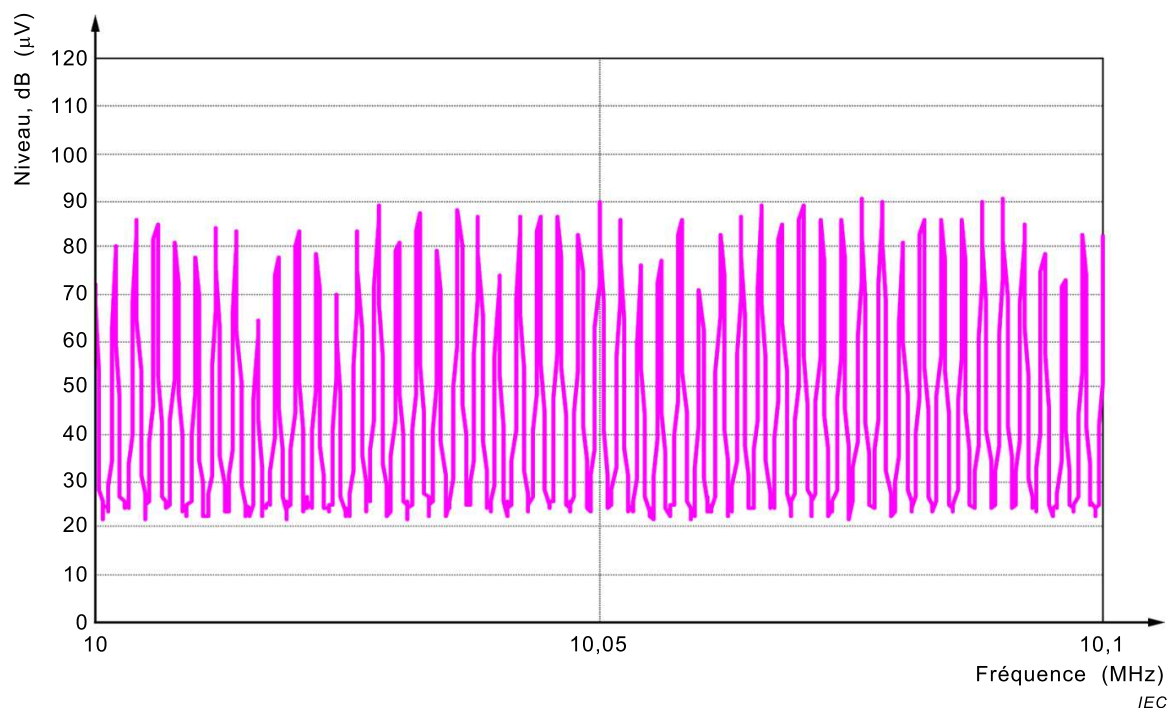


Figure B.6 – Extrait du spectre d'un signal de pseudo bruit à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz)

B.2.4 Impulsion

Un autre moyen de produire un signal à large bande consiste à utiliser directement l'impulsion sinc (voir Equation B.5). Le spectre obtenu avec les paramètres ci-après:

- fréquence d'échantillonnage 250 MS/s,
- longueur d'échantillonnage 200 μ s (50 000 points),
- résolution verticale de 14 bits,
- largeur de bande analogique de 100 MHz,
- limite de bande minimale 150 kHz, et
- limite de bande maximale 80 MHz

peut être consulté à la Figure B.7 (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz).

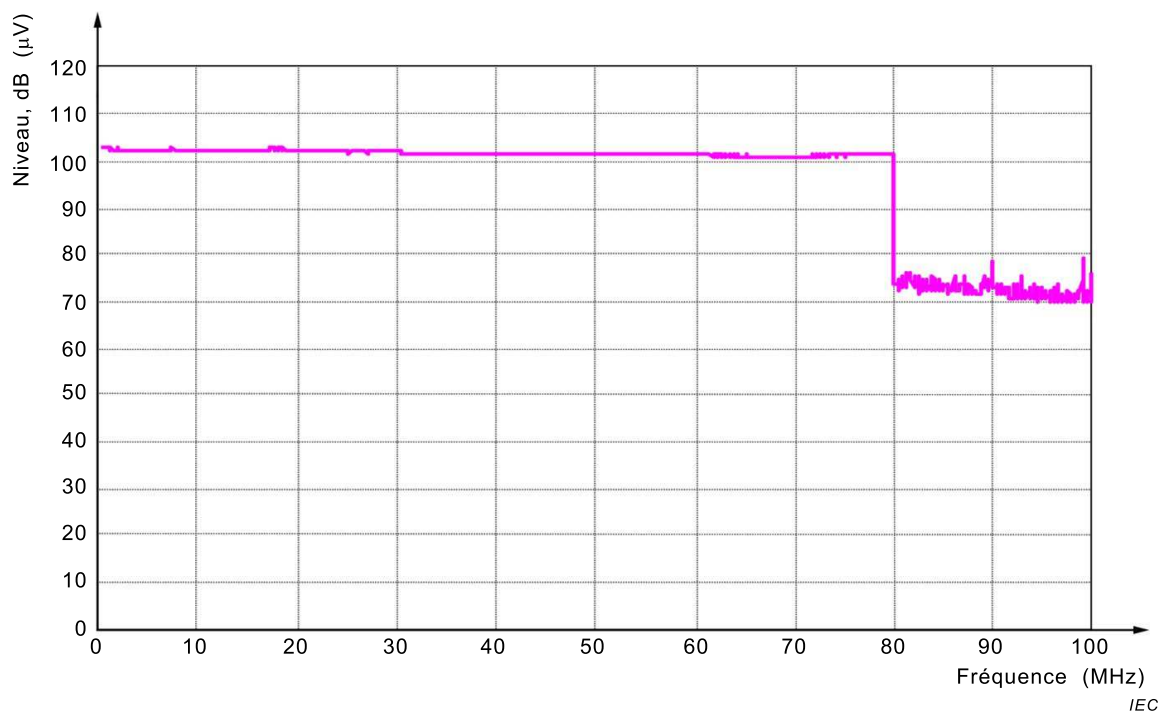


Figure B.7 – Spectre du signal impulsionnel à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)

La Figure B.8 représente un extrait dans le domaine temporel. Ce signal présente un faible facteur de crête, c'est-à-dire la relation entre l'amplitude de crête et le niveau moyen. L'amplificateur doit être dimensionné de manière à transmettre la valeur de crête sans distorsion.

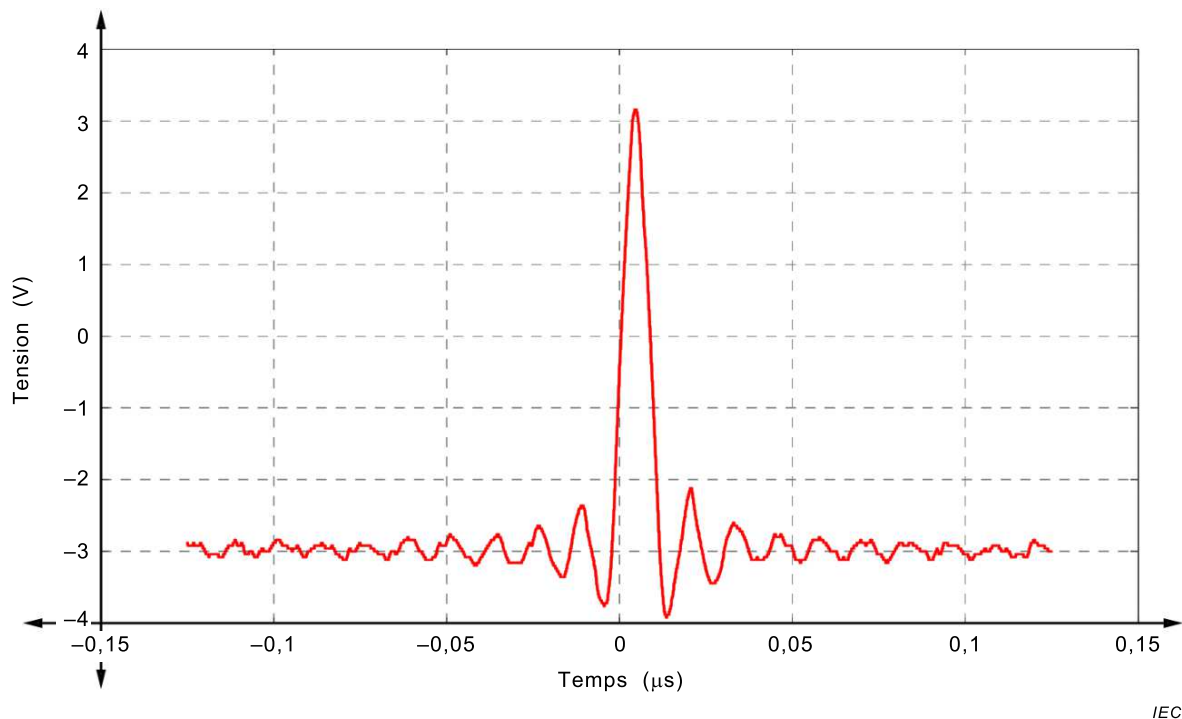


Figure B.8 – Extrait du signal impulsionnel à largeur de bande limitée dans le domaine temporel (mesuré avec un oscilloscope)

Dans la mesure où l'impulsion est répétée dans le domaine temporel par le générateur, un spectre de peigne est obtenu. Il peut être observé en meilleure résolution (largeur de bande de 200 Hz) à la Figure B.9.

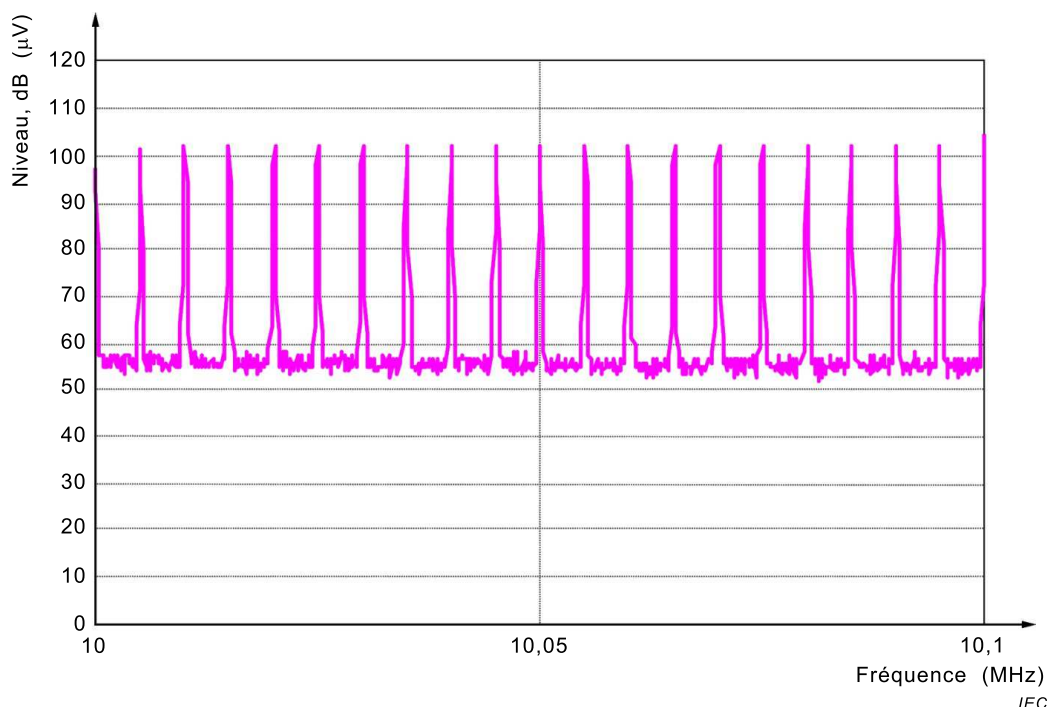


Figure B.9 – Extrait du spectre d'un signal impulsionnel à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz)

B.2.5 Schéma OFDM

La manière la plus sophistiquée de produire un signal à large bande consiste à utiliser un schéma OFDM, car il s'agit de la base de nombreux systèmes de communication modernes.

Un vecteur de nombres aléatoires complexes (I , valeurs Q , symbole) est généré sous forme de charge utile.

Les éléments du vecteur sont modulés pour correspondre à un certain nombre de porteuses séparées par $1/T_{\text{symbol}}$, (où T_{symbol} : longueur du symbole). Plusieurs symboles à charge utile aléatoire peuvent être regroupés. Enfin, la séquence temporelle est chargée dans la mémoire de l'AWG. Le spectre de sortie d'un signal avec les paramètres ci-après:

- taux d'échantillonnage 250 MS/s,
- longueur de symbole 100 μs → écartement des porteuses 10 kHz,
- plage de fréquences 150 kHz à 80 MHz → 7 985 porteuses,
- 5 symboles à charge utile aléatoire → longueur de séquence 500 μs,
- résolution verticale de 14 bits, et
- largeur de bande analogique de 100 MHz

est représenté à la Figure B.10. Dans la mesure où le générateur répète la séquence, un spectre de peigne est à nouveau produit. Il peut être observé en meilleure résolution à la Figure B.11.

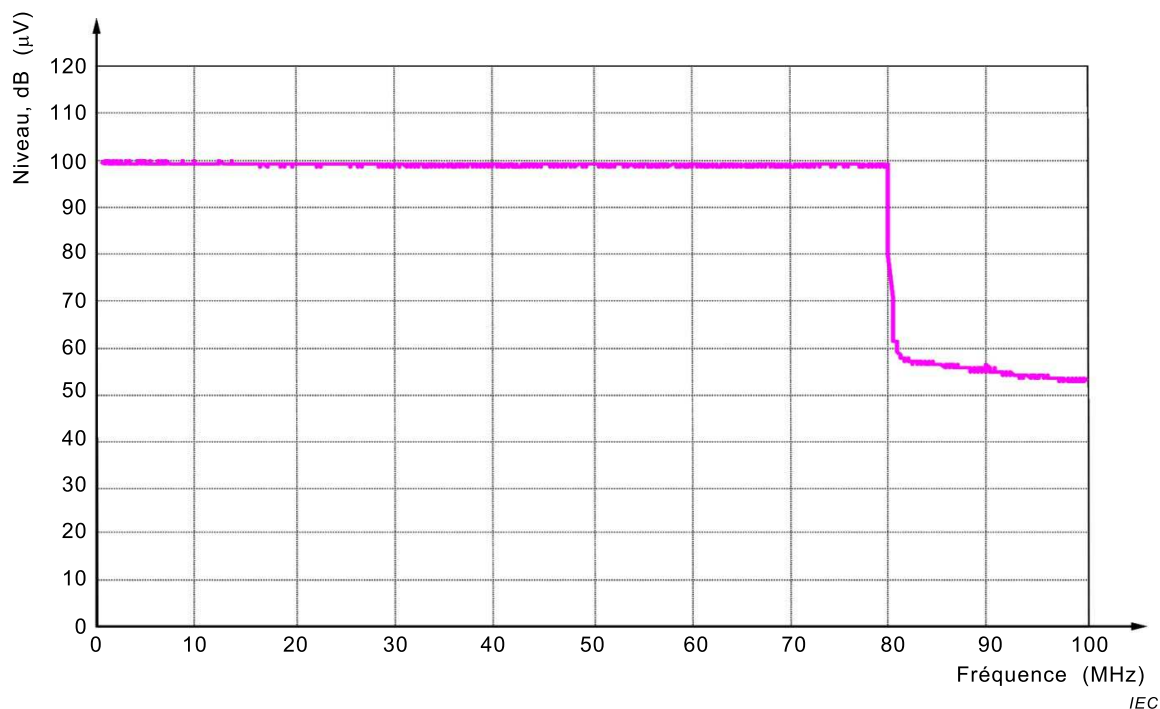


Figure B.10 – Spectre du signal OFDM (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)

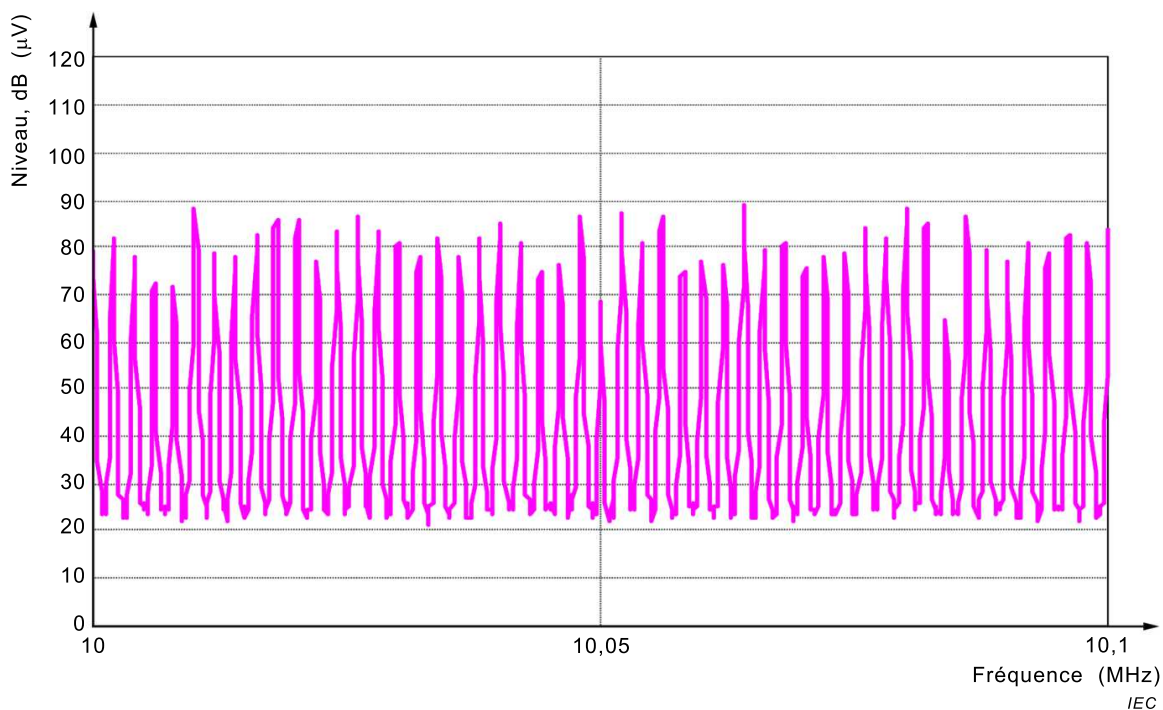


Figure B.11 – Extrait du spectre d'un signal OFDM (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 200 Hz)

Le mécanisme de création d'une séquence temporelle avec le schéma OFDM permet de réaliser des spectres arbitraires. Cela permet par exemple de compenser la relation de fréquence entre l'amplificateur de puissance, les câbles et le RCD. Un exemple de spectre est représenté à la Figure B.12, où un pas d'amplitude de 10 dB a été inséré à 30 MHz.

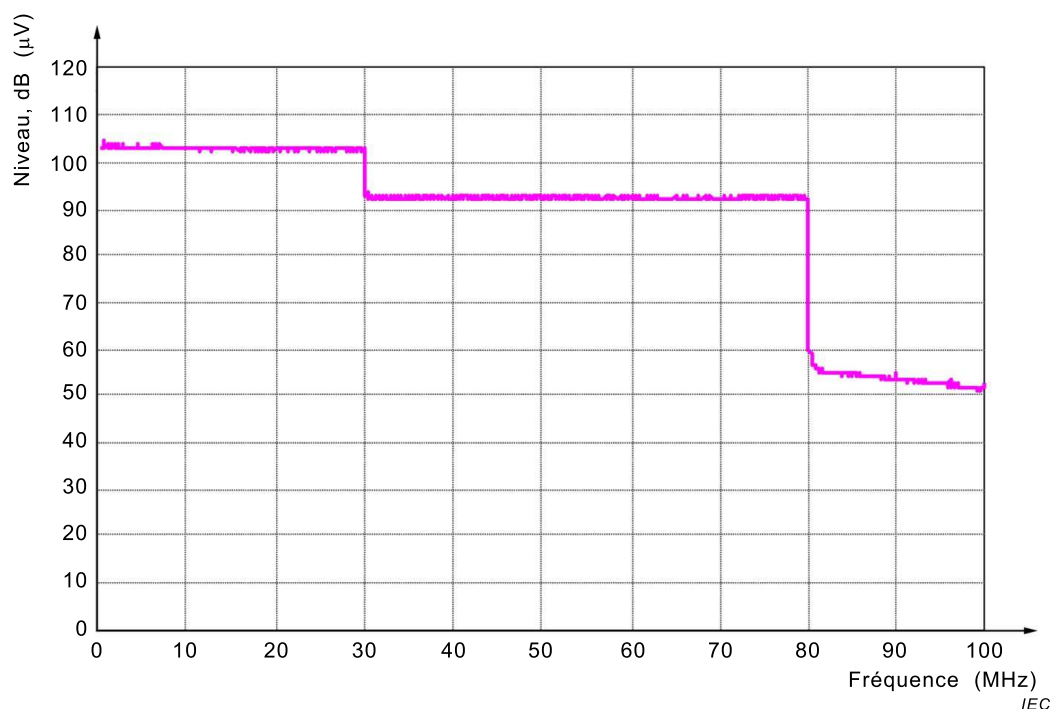


Figure B.12 – Spectre du signal OFDM avec un pas d'amplitude à 30 MHz (mesuré avec une largeur de bande de résolution de 120 kHz)

B.3 Choix de la source à large bande préférentielle

Il existe plusieurs manières de produire un signal d'essai à large bande (voir Tableau B.1). Pour l'investigation de problèmes spécifiques à la CEM, l'utilisation d'un type de signal représentatif d'une source de perturbations est appropriée. Néanmoins, pour une norme de base dont l'objectif est de simuler différents types de sources de perturbations, un signal de perturbation constituant un bon compromis doit être défini.

Tableau B.1 – Comparaison des méthodes de génération de signaux de bruit blanc

Type de signal d'essai à large bande	Exemples de sources de perturbations			Complexité du matériel d'essai
	Convertisseurs de fréquence Alimentation à découpage	CPL	Autres systèmes de communication (point2point)	
Bruit	0	+	+	
Impulsion	++	–	–	– (amplificateur)
OFDM	0	++	++	0 (définition des paramètres exigés)

Il semble que la source de bruit à largeur de bande limitée soit la plus appropriée pour une norme de base. L'utilisation d'un schéma OFDM exigerait la définition de la structure OFDM (nombre de porteuses, constellation des porteuses, écartement entre les porteuses, etc.) pour permettre la reproductibilité des résultats d'essai. Le signal impulsionnel ne représente pas les menaces de manière appropriée, par exemple la méthode CPL ou d'autres systèmes de communication.

Bibliographie

- [1] IEC TR 61000-1-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty* (disponible en anglais seulement)
 - [2] UKAS, M3003, Edition 2, 2007, *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement*, téléchargement libre sous www.ukas.com (disponible en anglais seulement)
 - [3] ISO/IEC Guide 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*
 - [4] CISPR 16-1-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*
 - [5] UIT-T O.9:1999, *Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth* (disponible en anglais seulement)
 - [6] ITU-R BT.1306-7:2015, *Error-correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting* (disponible en anglais seulement)
 - [7] IEC GUIDE 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*
-

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