

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-41: Testing and measurement techniques – Broadband radiated immunity
tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-41: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux
rayonnements à large bande**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-41: Testing and measurement techniques – Broadband radiated immunity
tests**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-41: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux
rayonnements à large bande**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8327-0019-8

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms.....	10
4 General	11
5 Test levels and test signal	11
5.1 Test levels	11
5.2 Test signal	12
5.3 Frequency range and test signal bandwidth	14
5.4 Spectrum mask	15
5.5 Frequency stepping	16
5.6 Selection of level	17
6 Test equipment and level adjustment procedure	17
6.1 Test instrumentation	17
6.2 Description of the test facility	18
6.3 UFA and validation of the spectrum shape	18
6.3.1 General	18
6.3.2 Saturation check and spectrum validation	18
7 Test setup	20
8 Test procedure	20
8.1 Step size and test signal bandwidth	20
8.2 Test signal and level setting.....	20
9 Evaluation of the test results	20
10 Test report.....	21
Annex A (informative) Information on test signal generation.....	22
A.1 General.....	22
A.2 True noise generation	22
A.3 Pseudo-random noise sequence	23
Annex B (informative) Field generating antennas	26
Annex C (informative) 4G and 5G signals	27
C.1 Overview of the radio interface technology of 4G and 5G	27
C.1.1 General	27
C.1.2 Overview of the component RIT: E-UTRA/LTE	27
C.1.3 Overview of the component RIT: NR.....	30
C.2 Simulation of the 5G signal	30
C.3 Application of a test model signal.....	33
Annex D (informative) Guidelines for selecting test levels	35
D.1 General.....	35
D.2 Test levels related to general purposes.....	36
D.3 Test levels related to the protection against RF emissions from 4G/5G communications	36
D.4 Guidelines to derive a test level from a field distribution.....	39

Annex E (informative) Measurement uncertainty due to test instrumentation	42
Annex F (informative) Test signal characterization	43
F.1 General.....	43
F.2 Test signal generation.....	43
F.3 Definition of the crest factor	43
F.4 Crest factor determination.....	44
F.4.1 Mathematical determination for arbitrary waveform generator use	44
F.4.2 Complementary cumulative distribution function (CCDF).....	44
F.5 Amplifier saturation	45
F.6 Measurement methods.....	46
F.6.1 General	46
F.6.2 Spectrum analyser method	46
F.6.3 Time domain measurement with a fast oscilloscope	47
F.6.4 Power meter method.....	48
F.7 Comparison of crest factor measurement results.....	49
Bibliography.....	50
Figure 1 – Example of the envelope of a 100 MHz wide test signal in frequency domain	13
Figure 2 – Example of the envelope of a 100 MHz wide test signal in time domain.....	13
Figure 3 – Pulse modulated test signal, with a period of 10 ms, and 50 % duty cycle	14
Figure 4 – Spectrum mask of the broadband test signal at the output of the power amplifier.....	16
Figure A.1 – Principle of true noise generation.....	22
Figure A.2 – Example of a 100 MHz wide band-limited true noise signal at a centre frequency of 1 GHz.....	22
Figure A.3 – Principle of band-limited broadband signal generation with an arbitrary waveform generator	23
Figure A.4 – Example signal spectrum of a band-limited pseudo random noise signal (measured with 120 kHz bandwidth)	24
Figure A.5 – Extract of the band-limited pseudo random noise signal in time domain (measured with an oscilloscope)	25
Figure A.6 – Extract of the signal spectrum of a band-limited pseudo random noise signal (measured with 10 Hz bandwidth, normalized to 1 Hz bandwidth)	25
Figure C.1 – Uplink/downlink time/frequency structure for FDD and TDD	28
Figure C.2 – Uplink-downlink asymmetries supported by the E-UTRA/LTE RIT (TDD).....	29
Figure C.3 – Example of an OFDM spectrum	31
Figure C.4 – Examples of a spectrum of the test signal in frequency domain	32
Figure C.5 – Examples of a spectrum of the test signal in time domain	32
Figure C.6 – Example of an equivalent power waveform and spectrum for NR-FR1-TM1.1	34
Figure C.7 – Example of a channel power measurement for NR-FR1-TM1.1	34
Figure D.1 – Example of a channel power measurement on a 5G spectrum	41
Figure F.1 – CCDF of a band-limited white gaussian noise signal	45
Figure F.2 – CCDF of a band-limited white gaussian noise signal at the output of the amplifier for different signal generator levels.....	45
Figure F.3 – Test setup diagram for radiated immunity testing	46

Figure F.4 – Oscillogram of a 20 MHz wide gaussian noise signal with a centre frequency of 700 MHz at the signal generator 48

Table 1 – Test levels..... 11

Table 2 – Pulse modulation of test signal 12

Table 3 – Frequency ranges and test signal bandwidth 14

Table 4 – Test signal requirements 15

Table C.1 – Examples of the test model signal..... 33

Table D.1 – Examples of test levels, associated protection distances – Mobile and portable phones of 4G/5G communications 37

Table D.2 – Examples of test levels, associated protection distances – Base stations of 4G/5G communications 38

Table F.1 – Measurement of crest factors with different methods 49

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-41: Testing and measurement techniques –
Broadband radiated immunity tests****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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61000-4-41 has been prepared by subcommittee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility. It is an International Standard.

It forms Part 4-41 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

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

Draft	Report on voting
77B/892/FDIS	77B/895/RVD

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

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

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

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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

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 procedures related to radiated disturbances generated by broadband signals.

Modern digital communication signals operate on multiple frequencies such as orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) and use bandwidths ranging from tens of MHz to hundreds of MHz, all while employing in-band time division duplexing (TDD) or frequency division duplexing (FDD) transmission technology, or both. Such broadband signals can cause a performance degradation or malfunction of other equipment, or both. In this document, the disturbance is not a frequency sweep of a narrowband signal but a broadband signal with coexisting multiple frequencies which is stepped through the desired frequency range.

Examples of broadband signals are LTE signals and 5G mobile communication signals.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-41: Testing and measurement techniques – Broadband radiated immunity tests

1 Scope

This part of IEC 61000 relates to broadband radiated disturbances generated by, for example, communication devices or services, transmitters or industrial electromagnetic sources or any other devices capable of generating such a signal.

The object of this document is to establish a common reference for evaluating the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to broadband radiated electromagnetic fields.

This document specifies testing in the frequency ranges above 80 MHz, limited only by the capabilities of commercially available test instrumentation.

2 Normative references

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

IEC 61000-4-3:2020, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61000-4-3 and the following apply.

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

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

3.1.1

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

3.1.2

equivalent carrier electric field strength

electric field strength at carrier frequency equivalent to the square root of the cumulative electric field power (E^2) caused by the radiation of broadband signal

Note 1 to entry: Equivalent carrier electric field strength is expressed in V/m.

3.1.3**broadband signal**

signal where the energy is distributed over several megahertz, either by the broadband nature of the signal itself or by a modulation, for example by a collection of subcarriers

Note 1 to entry: In typical applications a broadband signal can be as wide as 5 MHz to 100 MHz.

3.1.4**duty cycle**

fraction of the period where a repetitive signal is above a specified threshold

Note 1 to entry: That period is the duration of time for one cycle of a repeating event. It is the reciprocal of repetition frequency.

3.1.5**test generator**

generator capable of generating the required test signal

Note 1 to entry: The test generator can, for example, include a vector signal generator, modulation sources, attenuators, broadband power amplifiers and filters, etc. See Annex A for additional information on test generator.

3.1.6**white noise**

random noise which has a continuous spectrum and a constant power spectral density in the frequency band considered

[SOURCE: IEC 60050-702:1992, 702-08-39, modified – In the term “flat random noise” has been removed.]

3.1.7**electric field spectral density**

quantity derived from the electric power spectral density (PSD) of a broadband signal

Note 1 to entry: Further information can be found in Annex D.

Note 2 to entry: For electric field spectral density, the unit is (V/m)/ $\sqrt{\text{Hz}}$.

3.1.8**power spectral density****PSD**

distribution as a function of frequency of the power per unit bandwidth of the spectral components of a signal or a noise having a continuous spectrum and a finite mean power

Note 1 to entry: A PSD is the measure of signal's power content versus frequency. A PSD is typically used to characterize broadband signals. The amplitude of the PSD is normalized by the spectral resolution employed to measure the signal.

[SOURCE: IEC 60050-713:1998, 713-09-12, modified – In the term “power spectrum density” has been removed and Note 1 has been added.]

3.1.9**crest factor**

ratio between peak amplitude (envelope) and RMS value, usually expressed in dB

3.2 Abbreviated terms

ACLR	adjacent channel leakage power ratio
AE	auxiliary equipment
AWG	arbitrary waveform generator
BPSK	binary phase shift keying
BS	base station
BW	bandwidth
CA	carrier aggregation
CCDF	complementary cumulative distribution function
CW	continuous wave
DFTS-OFDM	discrete Fourier transform spread-OFDM
DL	downlink
eMBB	enhanced Mobile BroadBand
eMTC	enhanced MachineType Communication
eNB	evolved Node B
EUT	equipment under test
E-UTRA	Evolved-Universal mobile telecommunication system Terrestrial Radio Access
EVM	error vector magnitude
FDD	frequency division duplexing
GP	Guard Period
IMT	International Mobile Telecommunications
LTE	Long-Term Evolution
mMTC	massive Machine Type Communication
NB-IoT	narrow band-Internet of Things
NR	New Radio
OFDM	orthogonal frequency division multiplexing
PAPR	peak-to-average power ratio
PM	pulse modulation
PSD	power spectral density
QAM	quadrature amplitude modulation
QPSK	quadrature phase shift keying
RB	resource block
RF	radio frequency
RIT	radio interface technology
SEM	spectral emission mask
TDD	time division duplexing
TTI	transmission time interval
UE	user equipment
UFA	uniform field area
UL	uplink
URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communication
WGN	white gaussian noise

4 General

The source of disturbance covered by this document is an electromagnetic field, consisting of broadband signals, generated by, for example, communication devices or services, transmitters or industrial electromagnetic sources or any other devices capable of generating such a signal.

The frequency range covered by this document is specified in Table 3.

5 Test levels and test signal

5.1 Test levels

The test levels are given in terms of an equivalent carrier electric field strength consistent with the level-setting process and the electric field spectral density spread out to the test signal bandwidth.

The levels in columns 3 to 6 of Table 1 show the electric field spectral density derived from the power spectral density of the broadband test signal assuming that the different spectrum components are uncorrelated.

The test level is derived from the uniform field area (UFA) level-setting process. The signal power to generate the test levels of Table 1 should be equal to the total power of the broadband signal.

Table 1 – Test levels

Test level	Equivalent carrier electric field strength V/m	Electric field spectral density $\text{dB} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{Hz}}} \right)$			
		BW = 5 MHz	BW = 20 MHz	BW = 40 MHz	BW = 100 MHz
1	1	53,0	47,0	44,0	40,0
2	3	62,5	56,5	53,5	49,5
3	10	73,0	67,0	64,0	60,0
4	30	82,5	76,5	73,5	69,5
NOTE 5 MHz and 40 MHz bandwidth (BW) are indicated for the convenience of the product committee.					

This document does not suggest that a single test level is applicable over the entire frequency range. The product committees shall select the frequency range(s) to be tested as well as the appropriate test level(s). Annex D provides guidance for product committees on the selection of test levels.

Product committees may use test levels other than those listed in Table 1. However, once the equivalent carrier electric field strength is determined, the test levels for each bandwidth follow the relationship between the test levels in Table 1.

5.2 Test signal

Real broadband communication signals are largely based on orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). The parameters (number of carriers, modulation per carrier, etc.) are so diverse that an internationally agreed set of parameters that is representative of all conceivable broadband communication services does not seem to make sense. In accordance with the nature of the interference, a band-limited noise is therefore specified as the test signal. The signal can be generated by a physical noise generator with a filter or by an arbitrary waveform generator, which periodically plays a pseudo-random code. With the latter, care shall be taken that the sequence is long enough to produce a spectrum that is as continuous as possible.

An additional important parameter of the test signal is the crest factor. The crest factor of the signal generator output signal shall be at least 10 dB. Information on test signal characterization is given in Annex F.

NOTE 1 The higher the crest factor, the higher the demands on the dynamic reserves of the power amplifier.

The broadband signals used as test signals in this document are time variant to simulate changes in amplitude due to time division transmission scheme. For testing purposes, a pulse modulation is selected. A 50 % duty cycle is preferred. The modulation is specified in Table 2.

Product committees may select other duty cycles if specific transmission signals are supposed to be emulated by test signals.

Table 2 – Pulse modulation of test signal

Parameter	Value
Modulation frequency	100 Hz $\pm$ 10 Hz
Rise/fall time of the envelope (between 10 % and 90 % of amplitude)	< 20 μ s
Duty cycle	(50 $\pm$ 2) %

Figure 1 and Figure 2 show an example of a test signal with a bandwidth of 100 MHz in the frequency domain and time domain, respectively.

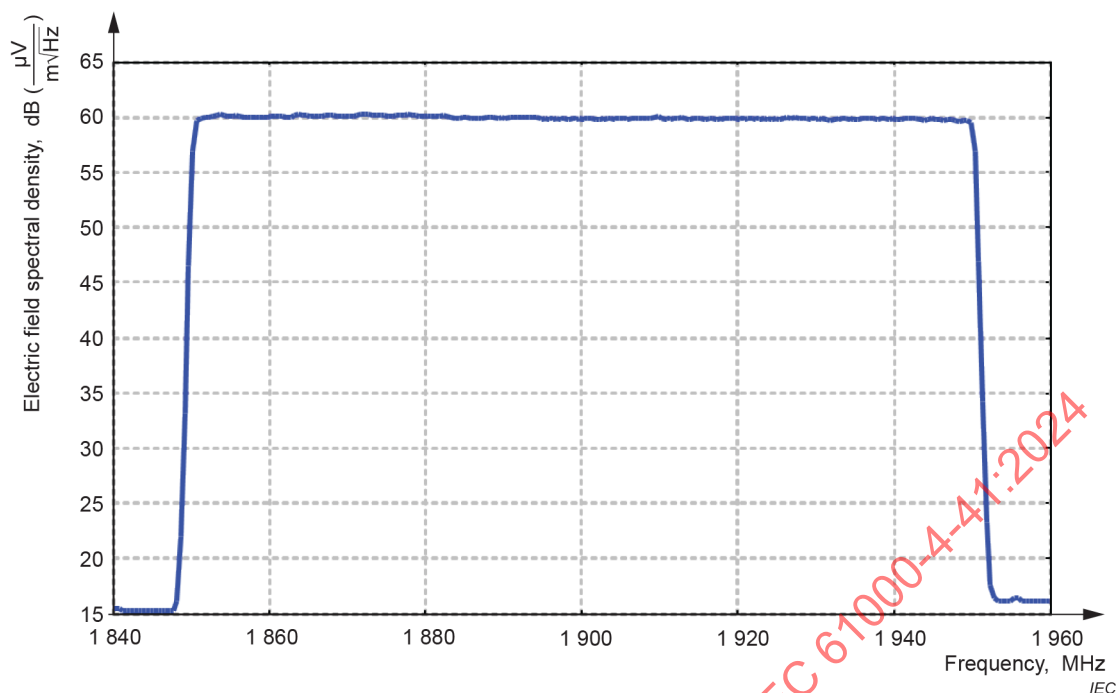


Figure 1 – Example of the envelope of a 100 MHz wide test signal in frequency domain

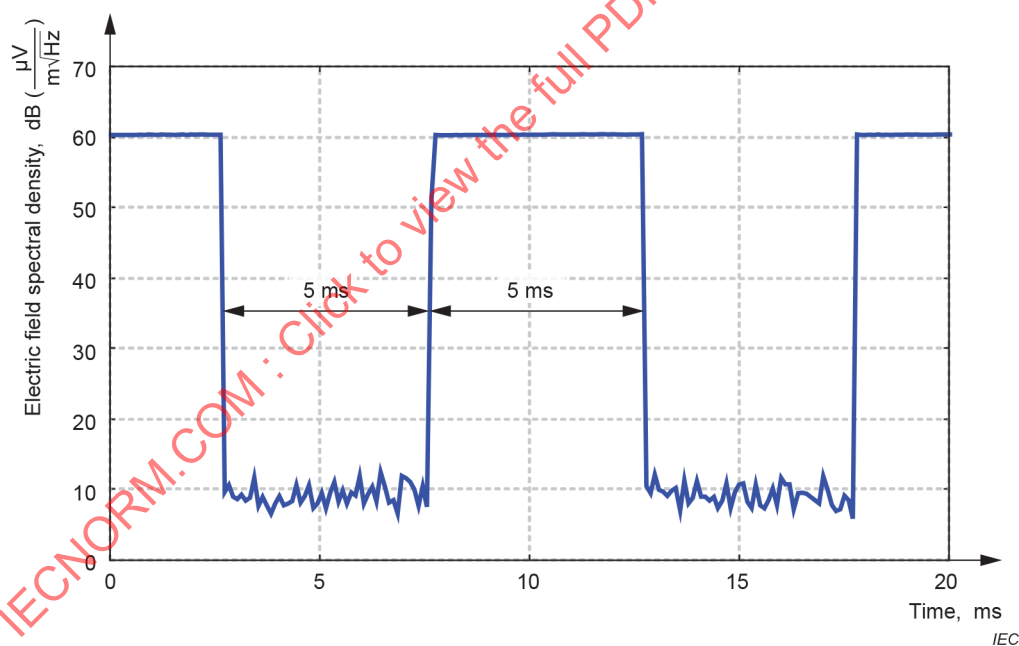


Figure 2 – Example of the envelope of a 100 MHz wide test signal in time domain

The characteristics of a modulated test signal are shown in Figure 3. Note that when the pulse modulation is activated, the energy of the test signal is reduced to 50 % (-3 dB) because the amplitude is close to zero while the signal is “OFF”. The test amplitude during the “ON” period should however remain unchanged at the level derived from the UFA level-setting process.

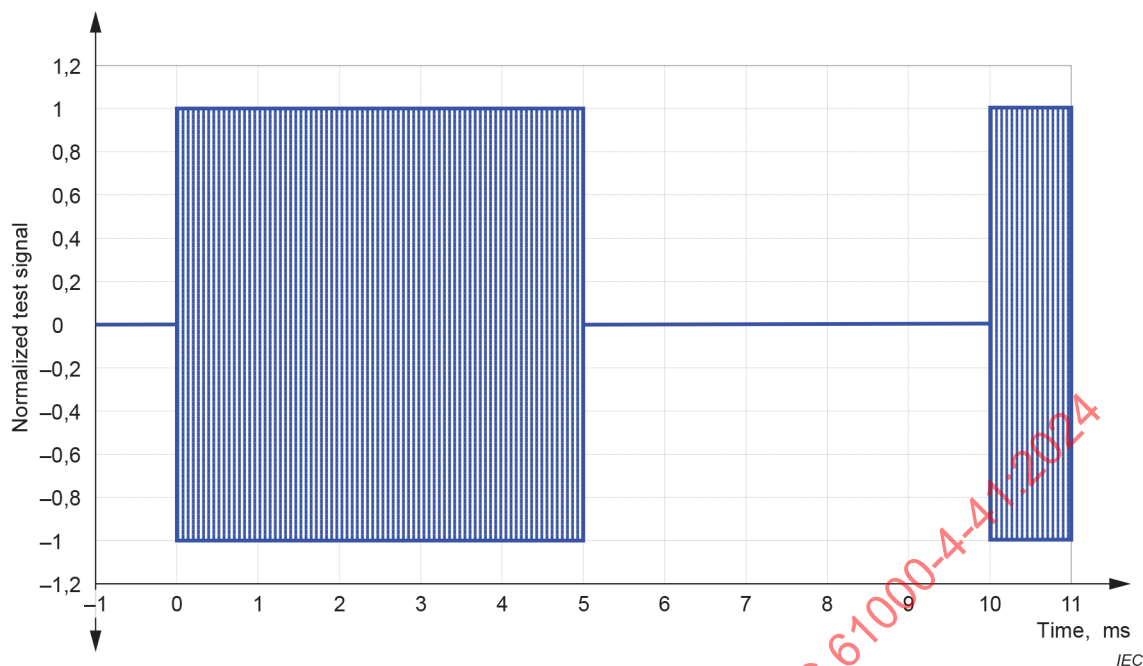


Figure 3 – Pulse modulated test signal, with a period of 10 ms, and 50 % duty cycle

5.3 Frequency range and test signal bandwidth

The test signals for this broadband immunity test standard are selected as being representative of modern digital radio communication signals in the sense that the signals contain electrical energy which is distributed over several megahertz.

The test signal used in this document does not contain any information but is considered as white noise having equal spectral density at all frequencies within the test signal bandwidth.

The test signal bandwidth is specified in Table 3.

Table 3 – Frequency ranges and test signal bandwidth

Start frequency MHz	Stop frequency MHz	Test signal bandwidth MHz
80	600	Under consideration
600	1 800	20
1 800	6 000	100
6 000	Upper frequency limit	Under consideration

This document specifies testing in the frequency ranges above 80 MHz, limited only by the capabilities of commercially available test instrumentation.

Product committees may specify frequency ranges (above 80 MHz) and test signal bandwidth other than those listed in Table 3.

5.4 Spectrum mask

The test signal shall have the spectral properties as specified in Figure 4 and Table 4, which shall be verified at the output of the power amplifier.

The spectral density is measured using a receiver bandwidth of 1 MHz and an RMS detector. If a spectrum analyser is used for the measurement, the resolution bandwidth shall be set to 1 MHz and the video bandwidth shall be set to at least 3 MHz.

The test signal generator shall generate the signal in such a manner that the total RF power without the pulse modulation of the signal (often referred to as the channel power) is equal to the output power when the test generator is set to unmodulated sine wave signal (continuous wave (CW) signal). This will usually be the case for signal generators.

Table 4 – Test signal requirements

Test signal bandwidth	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
MHz	MHz	dB	dB	dB
5	10	20	6	3
20	10	20	6	3
40	20	20	6	3
100	20	20	6	3

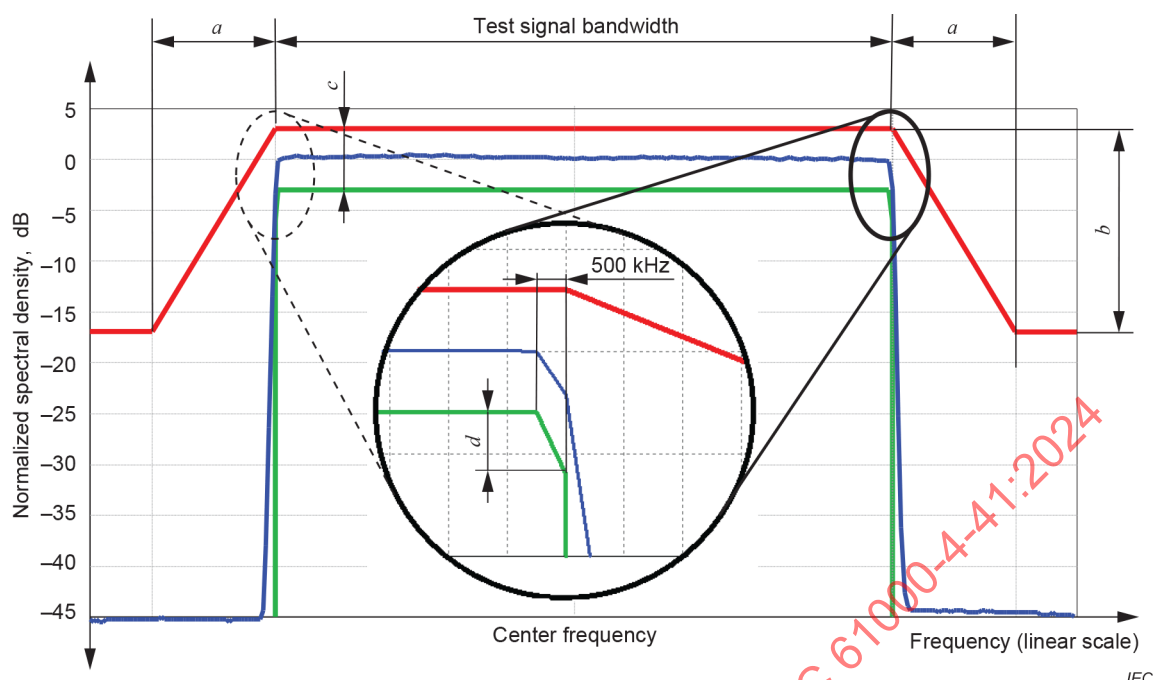
For specification of *a*, *b*, *c* and *d*, see Figure 4.

The value for *a* at test signal bandwidth of 5 MHz was specified due to frequency response of the signal generating equipment.

The upper amplitude limit decays linearly by *b* dB versus frequency within *a* MHz of upper and lower band edges.

The lower amplitude limit decays linearly by *d* dB versus frequency within 500 kHz of upper and lower band edges.

NOTE 5 MHz and 40 MHz test signal bandwidth are indicated for the convenience of product committees.



Key

- Red line upper limit
- Blue line example test signal
- Green line lower limit

NOTE See also Annex A.

Figure 4 – Spectrum mask of the broadband test signal at the output of the power amplifier

5.5 Frequency stepping

The test signal is scanned using step sizes determined by the test signal bandwidth as specified below. The intention is that the test signal shall be applied seamlessly over the entire frequency range in steps of the selected test signal bandwidth.

The start of the frequency stepping shall be performed as specified below. If the specified frequency range does not match the full steps of the test signal bandwidth, then the test signal can exceed beyond the highest test frequency.

Examples of frequency stepping are found below:

- 1) First test frequency f_1 is selected so it is half the test signal bandwidth above the start frequency.

Example 1: Using a 20 MHz test signal bandwidth and starting test at 600 MHz, the first centre frequency setting is 600 MHz + $\frac{1}{2}$ times 20 MHz = 610 MHz.

Example 2: Using a 100 MHz test signal bandwidth and starting test at 1 800 MHz, the first frequency setting is 1 800 MHz + $\frac{1}{2}$ times 100 MHz = 1 850 MHz.

- 2) Next test frequency f_2 is selected so it is one test signal bandwidth above f_1 .

Example 1: Using a 20 MHz test signal bandwidth, $f_2 = 610 \text{ MHz} + 20 \text{ MHz} = 630 \text{ MHz}$.

Example 2: Using a 100 MHz test signal bandwidth, $f_2 = 1\,850 \text{ MHz} + 100 \text{ MHz} = 1\,950 \text{ MHz}$.

3) The steps are repeated until the stop frequency is covered by the bandwidth of a test signal.

Example 1: 60 steps are necessary to cover the frequency range 600 MHz to 1 800 MHz using a 20 MHz test signal bandwidth. The last test frequency is 1 790 MHz.

Example 2: 42 steps are necessary to cover the frequency range 1 800 MHz to 6 000 MHz using a 100 MHz test signal bandwidth. The last test frequency is 5 950 MHz.

5.6 Selection of level

The test level is set as the signal power at each test frequency. The testing according to this document is based upon the level-setting process executed for testing with modulated sine wave signals, as specified in IEC 61000-4-3.

If level-setting data are already available for the UFA in the test laboratory, such data are preferred, and can be directly applied for the present testing. Data recorded for testing in accordance with IEC 61000-4-3 are often available at steps of 1 % of the preceding frequency, starting at 80 MHz.

The level-setting data for the centre frequency of the broadband test signal should be chosen from the two neighbouring IEC 61000-4-3 level-setting frequencies by interpolation.

If several IEC 61000-4-3 level-setting frequencies are available within one test signal bandwidth, it is sufficient to select the nearest IEC 61000-4-3 frequency for level setting. For example, when testing with a 20 MHz test signal bandwidth and starting at 600 MHz (600 MHz to 620 MHz), several IEC 61000-4-3 level-setting frequencies are available (603,016 MHz, 609,046 MHz, 615,137 MHz). The frequency closest to the centre of the test signal is selected for level setting (609,046 MHz in this example).

It is, however, also allowed to do an individual UFA level-setting process using the highest level intended for testing (see Table 1), step sizes of 20 MHz or 100 MHz (if not otherwise specified by a product committee) and covering the centre frequencies of the test signals selected for testing.

As the test generator provides the same total RF power for an unmodulated sine wave signal (CW-signal) and for the test signal bandwidth (see 5.4), the test level can be monitored and if necessary adjusted by measuring the unmodulated output signal from the power amplifier using a power meter, which is capable of measuring both CW signals and broadband signals.

6 Test equipment and level adjustment procedure

6.1 Test instrumentation

Test equipment and level adjustment procedures adopted for this document are similar to those specified in IEC 61000-4-3, with minor modifications due to the nature of the test signal:

- Anechoic chamber: of a size adequate to maintain a uniform field of sufficient dimensions with respect to the equipment under test (EUT).
- RF signal generator(s): capable of covering the frequency band of interest and as a minimum being capable of generating the test signal as specified in Clause 5. It can either be equipped with a band-limited white noise generator or an arbitrary waveform generator. In addition, pulse modulation is required either in hardware or as part of the waveform file for the arbitrary waveform generator. For the setting of the test level, it shall be able to adjust the signal amplitude of the broadband signal to a desired channel power (total power).
- EMI filters: if used, the filters shall introduce no additional resonance effects.
- Power amplifiers: to amplify the signal (unmodulated and modulated) and provide antenna drive to the necessary field level.

- Field generating antennas: biconical, log periodic, horn, combination of antennas or any other linearly polarized antenna system capable of satisfying frequency requirements (see 5.3 and 5.4).
- Isotropic field sensor: with adequate frequency range and sensitivity to measure the generated field strength. Since the uniform field is measured with a CW signal, the field sensor is not necessarily required to be able to measure broadband signals.
- Power measurement device for the forward power: a directional coupler and a power meter can be used, or a forward power detector or monitor could be inserted between amplifier and antenna. In case the adjustment of the level (see 5.6) is done with a modulated signal the power measurement device shall be able to measure broadband signals; if it is only used for CW levelling setting, broadband measurement capabilities are not required.
- Associated equipment to record the power levels: necessary for the required field strength and to control the generation of that level for testing.
- Frequency selective measuring device (e.g. spectrum analyser): to verify the shape of the spectral density of the signal provided to the antenna. For the shape verification it is connected to the test system via the directional coupler specified for the power measurement device.

Adequate immunity of the test instrumentation shall be applied.

6.2 Description of the test facility

IEC 61000-4-3:2020, 6.2, applies.

6.3 UFA and validation of the spectrum shape

6.3.1 General

The characterization of the UFA of IEC 61000-4-3 applies.

If a test facility has been successfully validated according to IEC 61000-4-3 over the frequencies of interest of this document, the UFA of this facility is usable also for the purpose of this document.

6.3.2 Saturation check and spectrum validation

6.3.2.1 General

In order to check the amplifier saturation and waveform, 6.3.2.2 and 6.3.2.3 shall be carried out for the frequencies and bandwidths selected for testing. It is intended that these processes should be carried out at least initially and when changes have been made to the setup.

In case of multiple frequency ranges used, the validation of the spectrum and saturation check as described above, shall be performed for each frequency range.

It is assumed that during the level-setting process according to IEC 61000-4-3:2020, 6.3.2 or 6.3.3, the following quantities have been determined for each frequency point:

- E_L : field strength for level setting and field homogeneity investigation (1,8 times the test field strength, if data from IEC 61000-4-3 is reused, or test field strength in case of an individual UFA measurement).
- P_L : forward power required to establish E_L at the determined reference point of the UFA.

6.3.2.2 Saturation check

The procedure for the saturation check is performed at all frequencies as follows.

- Select the appropriate test signal bandwidth and start the procedure at the beginning of the frequency range.
- With the RF generator unmodulated (CW), adjust the output level to produce the power at the amplifier output $P_T = P_L - 5,1 \text{ dB}$ (if data from IEC 61000-4-3 is reused) or $P_T = P_L$ (in case of an individual UFA measurement) and record the required RF generator output level P_{genT} .
- Increase the signal generator power (CW) by 10 dB ($P_{\text{genT}} + 10 \text{ dB}$) and measure the power at the amplifier output P_{PK} . If the difference $P_{\text{PK}} - P_T$ is more than 8 dB, the amplifier is deemed to be sufficiently linear and the test system is suitable for testing. Otherwise, the test system is not suitable for testing.
- Set the RF generator to the required centre frequency. The values E_L and P_L are derived in accordance with 5.6 from the IEC 61000-4-3:2020 UFA measurements or an individual UFA measurement.
- Move to next test frequency.
- Repeat steps b) to e) until the end of the frequency range is reached or exceeded.

It is sufficient to do the saturation check only for the highest test level. It is recommended to be repeated annually and shall be repeated when changes have been made in the test instrumentation (amplifier, antenna, absorber replaced, etc.) or the test configuration (UFA, antenna placement, etc.).

In case that the 10 dB increase according to step c) is not feasible, the crest factor can be measured with one of the methods shown in Annex F. In this case the measured crest factor at the output of the amplifier shall not be less than the requirements specified in 5.2 relaxed by 2 dB.

6.3.2.3 Spectrum validation

The procedure for the spectrum validation is performed as follows.

- Select the appropriate test signal bandwidth and start the procedure at the beginning of the frequency range.
 - Replace the power meter at the directional coupler by the frequency selective measuring device and switch on the broadband modulation of the RF generator.
 - Set the RF generator to the required centre frequency.
 - With the RF generator unmodulated (CW), adjust the output level to produce the power at the amplifier output $P_T = P_L - 5,1 \text{ dB}$ (if data from IEC 61000-4-3 is reused) or $P_T = P_L$ (in case of an individual UFA measurement).
 - Measure the signal spectrum shape with a resolution bandwidth of 1 MHz, RMS detector and a span of twice the test signal bandwidth selected for the test. The signal generation/amplification is deemed to be suitable for testing if the normalized spectral density is within the parameters specified in Table 4.
- NOTE Application of frequency-dependent correction of the transmission factors of RF cables, directional couplers, and power attenuators ensures proper evaluation of the spectral shape at the amplifier output.
- Move to next test frequency.
 - Repeat steps c) to f) until the end of the frequency band is reached or exceeded.

At low test levels compared to the amplifier noise, the inherent noise from the power amplifier can contribute the off-band level which can affect the spectrum validation. The frequency response of the amplifier can vary with the input level especially when approaching the compression point of the amplifier which can affect the result of the spectrum validation.

7 Test setup

The test setup requirements specified in IEC 61000-4-3:2020, Clause 7, apply, including applicable subclauses.

8 Test procedure

8.1 Step size and test signal bandwidth

Product committees may select the test signal bandwidth and corresponding step size in accordance with 5.3.

8.2 Test signal and level setting

Testing shall be performed with the same test setup as used for the saturation check (6.3.2.2). If the output power of the amplifier is controlled, the amplifier may be replaced by another suitable amplifier, but an additional saturation check and spectrum validation (see 6.3.2) is necessary.

For each frequency step according to 5.5 and 5.6, the level shall be adjusted to produce the forward power P_T necessary to achieve the required carrier equivalent electric field strength (see Table 1) with the RF generator unmodulated. After the required level is reached, the broadband and pulse modulations shall be switched on. If averaging sensors for the power meter are used, the amplifier output level can also be adjusted with modulations kept switched on. In this case the power reduction by for example 3 dB (for a duty cycle of 50 %) due to the pulse modulation shall be considered.

The dwell time of the modulated signal shall not be less than the time necessary for the EUT to be exercised and to respond, but shall in no case be less than 1 s.

NOTE The dwell time starts when the test condition has stabilized at each frequency step.

9 Evaluation of the test results

In order to evaluate test results, the EUT performance shall be examined during the dwell time and classified in terms of the loss of function or degradation of performance of the EUT relative to a performance level derived from the accompanying documents (specification sheets, manuals, user guides, etc.).

The recommended classification is as follows:

- a) Performance criterion A: normal performance within limits specified in the accompanying documents.
- b) Performance criterion B: temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the EUT recovers its normal performance, without operator intervention.
- c) Performance criterion C: temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention.
- d) Performance criterion D: loss of function or degradation of performance which is not recoverable, owing to damage to hardware or software, or loss of data.

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 cables, including their length, and the interface port of the EUT to which they were connected;
- any specific conditions for use, for example shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance;
- any additional information relevant to the EUT, AE(s) position with respect to the size and position of the UFA as well as the position of coupling and decoupling devices, if used;
- identification of the test equipment, for example brand name, product type, serial number;
- 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 dwell time and frequency steps;
- the test level set;
- test signal bandwidth;
- pulse modulation parameters;
- the specified performance level;
- 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 specified performance criterion.

Annex A (informative)

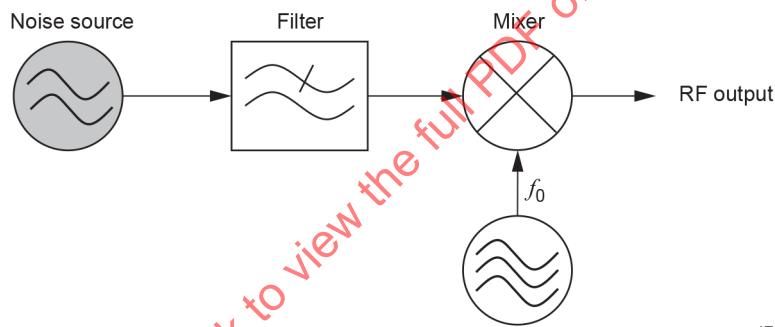
Information on test signal generation

A.1 General

This document specifies a band-limited broadband signal as test signal. Band-limited broadband signals can be generated in different ways. This annex provides some guidance on the realization of band-limited true noise signals and band-limited pseudo-random noise signals.

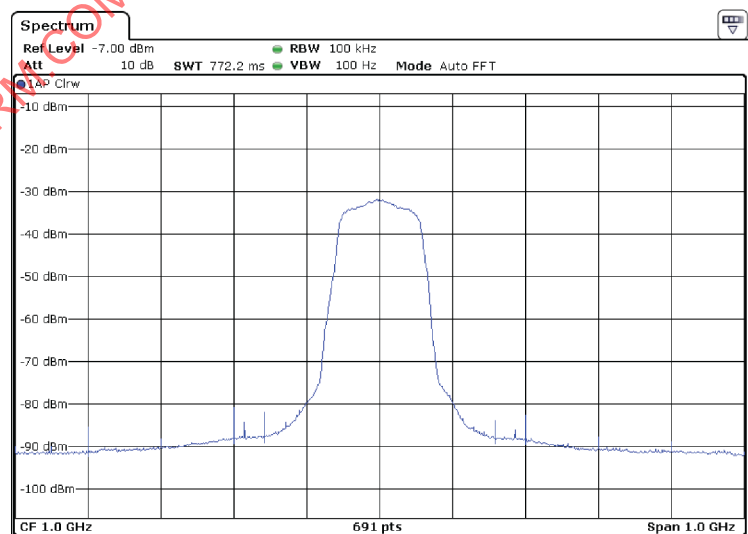
A.2 True noise generation

The true noise generation makes use of a white noise source (e.g. shot noise in a semiconductor diode). For band limitation a filter restricts the spectral content of the noise generator output to the required frequency band (see Figure A.1). The filter characteristics determine the generated signal spectrum. Higher order filters have to be realized in order to fulfil the requirements for the slopes at the limiting frequency edges. A mixing circuit will transform the baseband noise signal to the desired RF band (see Figure A.1). Figure A.2 shows an example of a 100 MHz wide band-limited true noise signal at a centre frequency of 1 GHz.



IEC

Figure A.1 – Principle of true noise generation



IEC

Figure A.2 – Example of a 100 MHz wide band-limited true noise signal at a centre frequency of 1 GHz

A.3 Pseudo-random noise sequence

The true 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 necessary at the AWG output (see Figure A.3). The design of this filter is not as demanding as for the true 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.

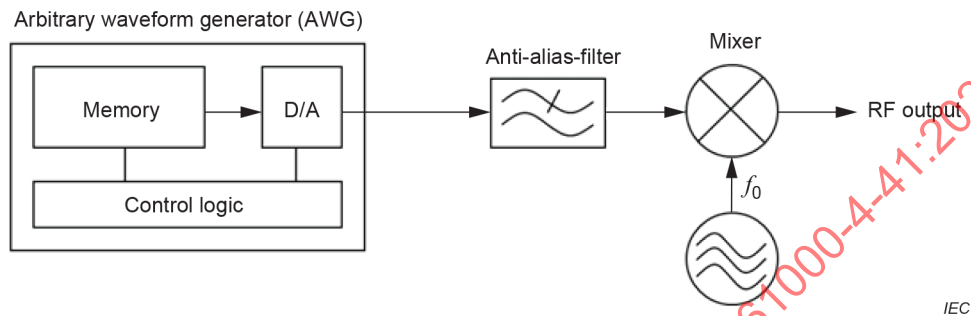


Figure A.3 – Principle of band-limited broadband signal generation with an arbitrary waveform generator

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:

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

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

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

with:

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

The filter for the desired signal spectrum with the lower border frequency f_1 (corresponding transfer function $H_1(\omega)$) and with the upper border frequency f_2 (corresponding transfer function $H_2(\omega)$) is:

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

with the corresponding pulse response in the time domain:

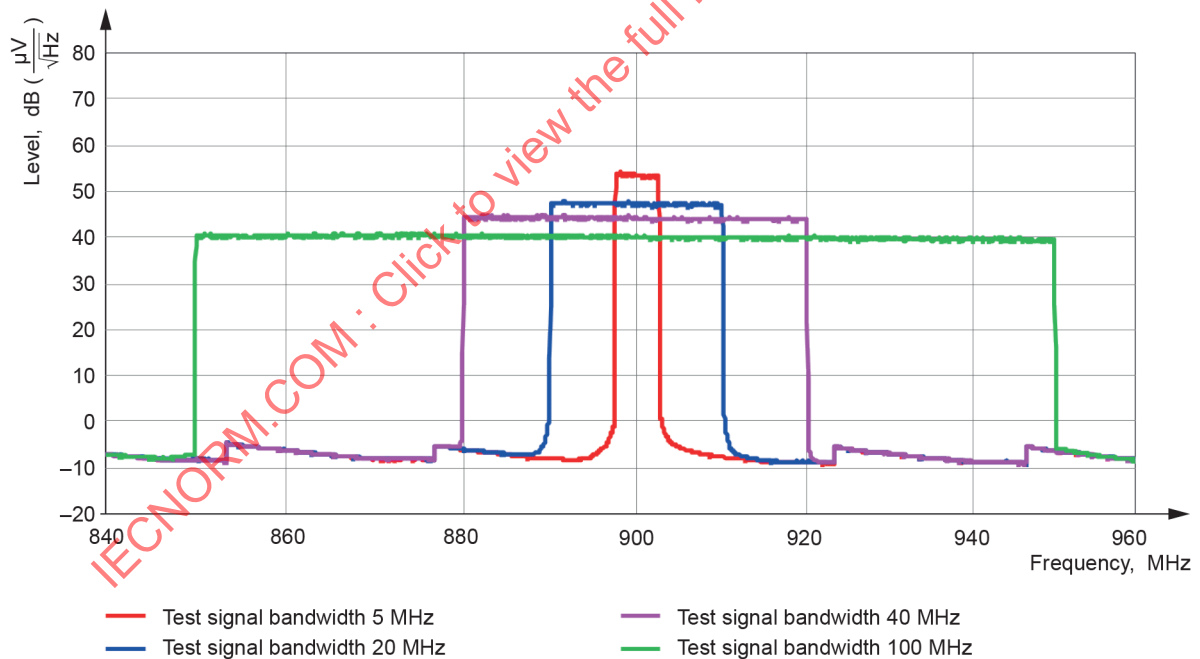
$$h_F(t) = \frac{\omega_2}{\pi} \text{sinc}(\omega_2 \cdot t) - \frac{\omega_1}{\pi} \text{sinc}(\omega_1 \cdot t) \quad (\text{A.5})$$

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

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

If this sequence $g(t)$ is loaded into the memory of an AWG, the corresponding spectrum is the spectrum specified in this document. Figure A.4 shows an example of a spectrum measured with a measuring receiver (AV detector, 120 kHz measurement bandwidth, frequency step 50 kHz) for a signal generated with an AWG with the parameters:

- sampling frequency of 150 megasamples per second;
- record length of 5 ms (750 000 points);
- 16-bit vertical resolution;
- test signal bandwidth of 5 MHz, 20 MHz, 40 MHz or 100 MHz.



IEC

NOTE The amplitude is normalized to 1 Hz bandwidth.

Figure A.4 – Example signal spectrum of a band-limited pseudo random noise signal (measured with 120 kHz bandwidth)

An extract of the output in time domain is shown in Figure A.5.

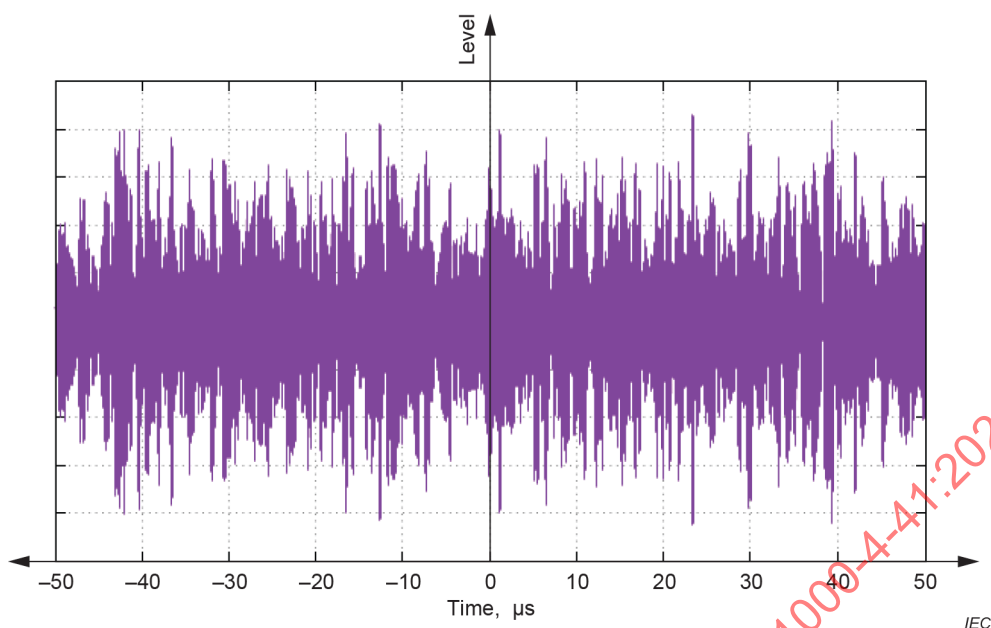


Figure A.5 – Extract of the band-limited pseudo random noise signal in time domain (measured with an oscilloscope)

There is a difference from the physically produced true noise signal specified in Clause A.2. Since the length of the sampling sequence is finite, it has to 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 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 to a comb spectrum. The comb frequency corresponds to the length of the sequence. With a sequence length of 5 ms a comb with a frequency spacing of 200 Hz will occur (see Figure A.6).

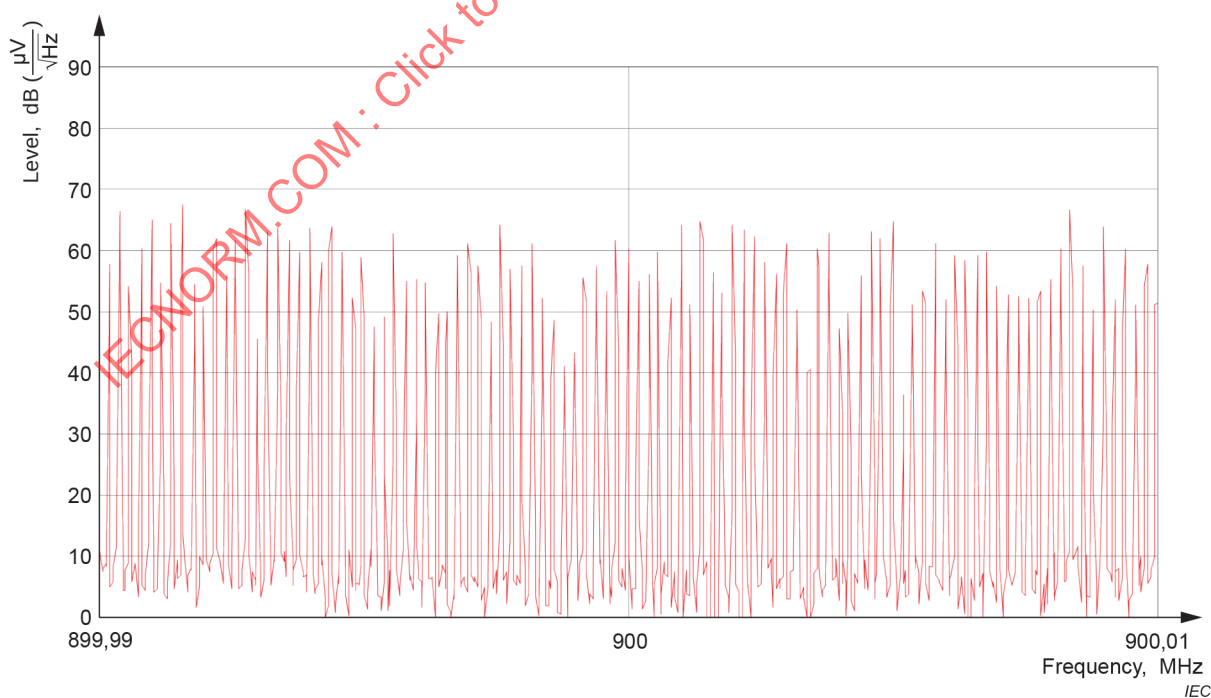


Figure A.6 – Extract of the signal spectrum of a band-limited pseudo random noise signal (measured with 10 Hz bandwidth, normalized to 1 Hz bandwidth)

Annex B
(informative)

Field generating antennas

The field generating antennas specified in IEC 61000-4-3:2020, Annex B, apply, including applicable subclauses.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

Annex C (informative)

4G and 5G signals

C.1 Overview of the radio interface technology of 4G and 5G

C.1.1 General

The International Mobile Telecommunications (IMT)-2020 (Recommendation ITU-R M.2150-1 and Recommendation ITU-R M.2150-2), known as 5G, have been developed by the 3rd Generation Partnership Project (3GPP) and consist of Long-Term Evolution (LTE) and New Radio (NR) releases 15 and beyond. In 3GPP terminology, the term Evolved-Universal mobile telecommunication system Terrestrial Radio Access (E-UTRA) is also used to signify the LTE radio interface. See also Bibliography for more sources.

5G is a set of radio interface technologies (RITs) consisting of E-UTRA/LTE as one component RIT and NR as the other component RIT. Both components are designed for operation in the IMT spectrum.

5G fulfills all technical performance requirements in all five selected test environments: Indoor Hotspot – enhanced Mobile BroadBand (eMBB), dense urban – eMBB, rural – eMBB, urban macro – Ultra Reliable Low Latency Communication (URLLC) and urban macro – massive Machine Type Communication (mMTC). Also, 5G fulfills the service and spectrum requirements. Both component RITs, NR and E-UTRA/LTE, utilize the frequency bands below 7,125 GHz including frequency bands identified for International Mobile Telecommunication (IMT) in the ITU Radio Regulations. In addition, the NR component RIT can also utilize the frequency bands above 7,125 GHz, i.e. above 24,25 GHz, including frequency bands identified for IMT in the ITU Radio Regulations.

The complete set of standards for the terrestrial radio interface of IMT-2020 identified as 5G includes not only the key characteristics of IMT-2020 but also the additional capabilities of 5G, both of which are continuing to be enhanced.

C.1.2 Overview of the component RIT: E-UTRA/LTE

The E-UTRA/LTE Component RIT is based on releases 15 and 16 of LTE, and it is the evolution of the previous releases, encompassing both frequency division duplexing (FDD) and time division duplexing (TDD). The E-UTRA/LTE RIT uses either 1) FDD operation and therefore is applicable for the operation with paired spectrum, or 2) TDD operation and therefore is applicable for the operation with unpaired spectrum. Both full-duplex and half-duplex FDD are supported. Aggregation of TDD and FDD spectrum is supported.

The E-UTRA/LTE RIT can operate in both FDD and TDD modes as illustrated in Figure C.1. Although the time-domain structure is, in most respects, the same for FDD and TDD there are some differences between the two duplex modes, most notably the presence of a special subframe in the case of TDD. The special subframe is used to provide the necessary guard time for downlink-to-uplink switching.

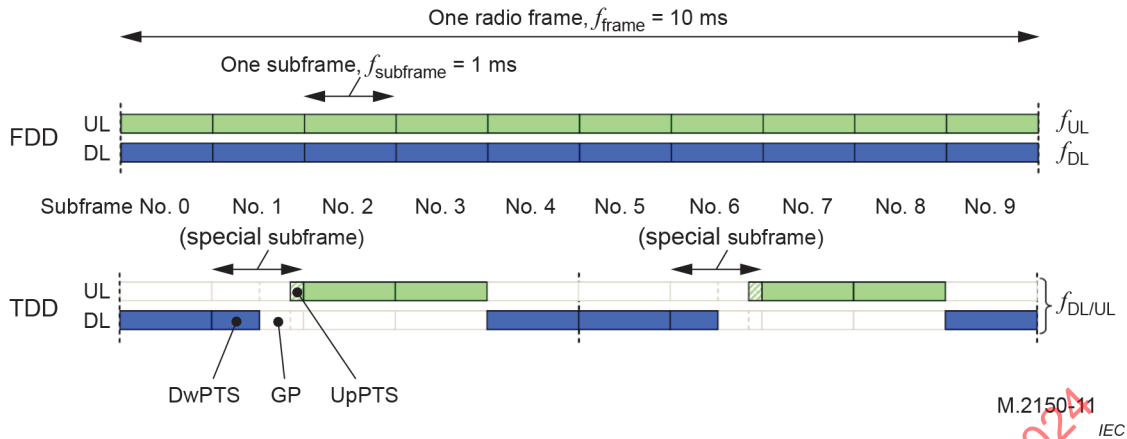


Figure C.1 – Uplink/downlink time/frequency structure for FDD and TDD

For FDD operation (upper part of Figure C.1), there are two carrier frequencies for each component carrier, one for uplink transmission (f_{UL}) and one for downlink transmission (f_{DL}). During each frame, there are thus ten uplink subframes and ten downlink subframes, and uplink and downlink transmission can occur simultaneously within a cell. Half-duplex operation at the user equipment (UE) side is supported by the scheduler ensuring non-simultaneous reception and transmission at the UE.

For TDD operation (lower part of Figure C.1), there is only a single carrier frequency per component carrier and uplink and downlink transmissions are always separated in time also on a cell basis. As shown in Figure C.1, some subframes (UpPTS: Uplink Pilot TimeSlot) are allocated for uplink transmissions and some subframes (DwPTS: Downlink Pilot TimeSlot) for downlink transmission with a Guard Period (GP) where the switch between downlink and uplink occurs in the special subframe. The DwPTS, GP, and UpPTS have configurable individual lengths to support different deployment scenarios, and a total length of 1 ms.

Different asymmetries in terms of the number of resources allocated for uplink and downlink transmission, respectively, are provided through seven different downlink/uplink configurations as shown in Figure C.2. Where carrier aggregation is employed, the downlink/uplink configuration is identical across component carriers in the same band and can be the same or different across component carriers in different bands.

Transmission bandwidths up to 640 MHz are supported, yielding to peak data rates up to roughly 32 Gbit/s in the downlink (DL) and 13,6 Gbit/s in the uplink (UL).

The downlink transmission scheme is based on conventional orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) to provide a high degree of robustness against channel frequency selectivity while still allowing for low-complexity receiver implementations also at very large bandwidths.

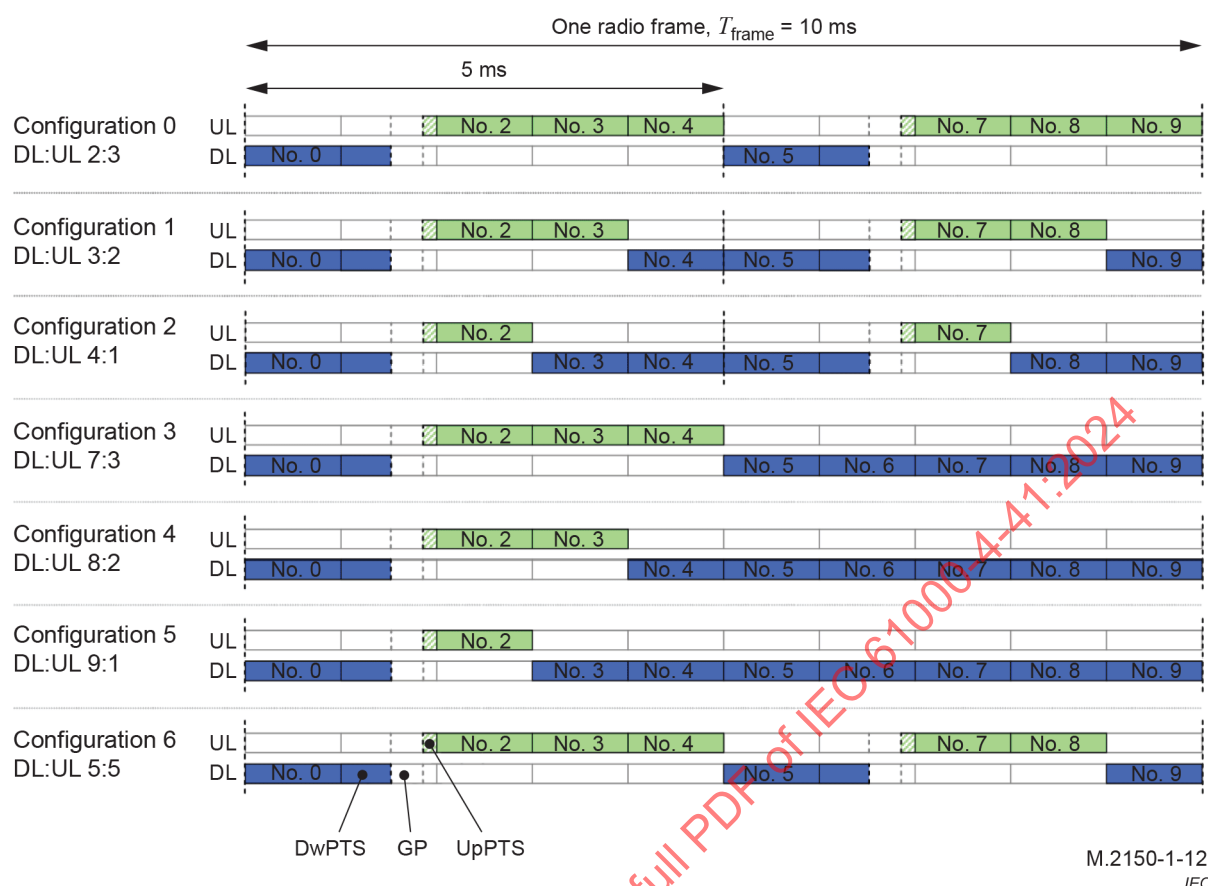


Figure C.2 – Uplink-downlink asymmetries supported by the E-UTRA/LTE RIT (TDD)

The uplink transmission scheme is based on discrete Fourier transform spread-OFDM (DFTS-OFDM). The use of this transmission scheme for the uplink is motivated by the lower peak-to-average power ratio (PAPR) of the transmitted signal compared to conventional OFDM. This allows for more efficient usage of the power amplifier in the UE, which translates into an increased coverage or reduced terminal power consumption, or both. The uplink numerology (subcarrier spacing and symbol duration) is aligned with the downlink numerology. The narrow band-Internet of Things (NB-IoT) UL allows the allocation of a single-tone in addition to multi-tone DFTS-OFDM with the possibility of a lower subcarrier spacing in addition to the normal subcarrier spacing.

Channel coding is based on a rate of 1/3 turbo coding and is complemented by Hybrid-Automatic Repeat Request (HARQ) with soft combining to handle decoding errors at the receiver side.

Data modulation supports quadrature phase shift keying (QPSK), 16 quadrature amplitude modulation (QAM), 64 QAM and 256 QAM for both the downlink and the uplink. In downlink, 1024 QAM is supported. NB-IoT supports QPSK on DL and UL, and additionally $\pi/2$ -binary phase shift keying (BPSK), and $\pi/4$ -quadrature phase shift keying (QPSK) are supported in uplink when a single-tone is allocated. NB-IoT DL channel coding is based on tail biting convolutional code. For eMTC (enhanced MachineType Communication), $\pi/2$ -BPSK is supported when two tones are allocated.

The E-UTRA/LTE RIT supports bandwidths from approximately 1,4 MHz to 640 MHz. NB-IoT supports a 200 kHz bandwidth. Carrier aggregation, i.e. the simultaneous transmission of multiple component carriers in parallel to/from the same terminal/eNB, is used to support bandwidths greater than 20 MHz. Component carriers do not have to be contiguous in frequency and can even be located in different frequency bands in order to enable exploitation of fragmented spectrum allocations by means of spectrum aggregation.

Carrier aggregation (CA) supports the functionality to aggregate TDD bands with different uplink and downlink allocations as well as the functionality to support multiple timing advances. Carrier aggregation also supports aggregating FDD and TDD component carriers. Dual connectivity allows aggregating component carriers of different eNBs that are connected via a non-ideal backhaul.

Channel-dependent scheduling in both the time and frequency domains is supported for both downlink and uplink with the base-station scheduler being responsible for (dynamically) selecting the transmission resource as well as the data rate. The basic operation is dynamic scheduling, where the base-station scheduler takes a decision for each 1 ms transmission time interval (TTI), but there is also a possibility for semi-persistent scheduling.

C.1.3 Overview of the component RIT: NR

The NR RIT as one component RIT represents the releases 15 and 16 of NR, which uses either

- 1) FDD operation and therefore is applicable for operation with paired spectrum, or
- 2) TDD operation and therefore is applicable for operation with unpaired spectrum. Channel bandwidths up to 400 MHz and carrier aggregation over 16 component carriers are supported, yielding peak data rates up to roughly 140 Gbit/s in the downlink and 65 Gbit/s in the uplink.

C.2 Simulation of the 5G signal

Classically, signal power has been considered a fundamental hazard in radiated immunity testing. Moreover, the up and down ratio of the TDD frame has been additionally considered. On the other hand, the signal modulation scheme and signal fluctuation within the test signal bandwidth were not considered important.

In this document, the 5G signal was also simulated from the same technical point of view.

In terms of signal power, the case where the signal spectrum is fully utilized by using all resource blocks is the one where the power is the greatest.

Figure C.3 shows an example of a spectrum measured by a spectrum analyser for an OFDM signal with 100 MHz test signal bandwidth generated by a vector signal generator.



OFDM numerology: 100 MHz BW, 1 667 sub-carriers, and 150 symbols.

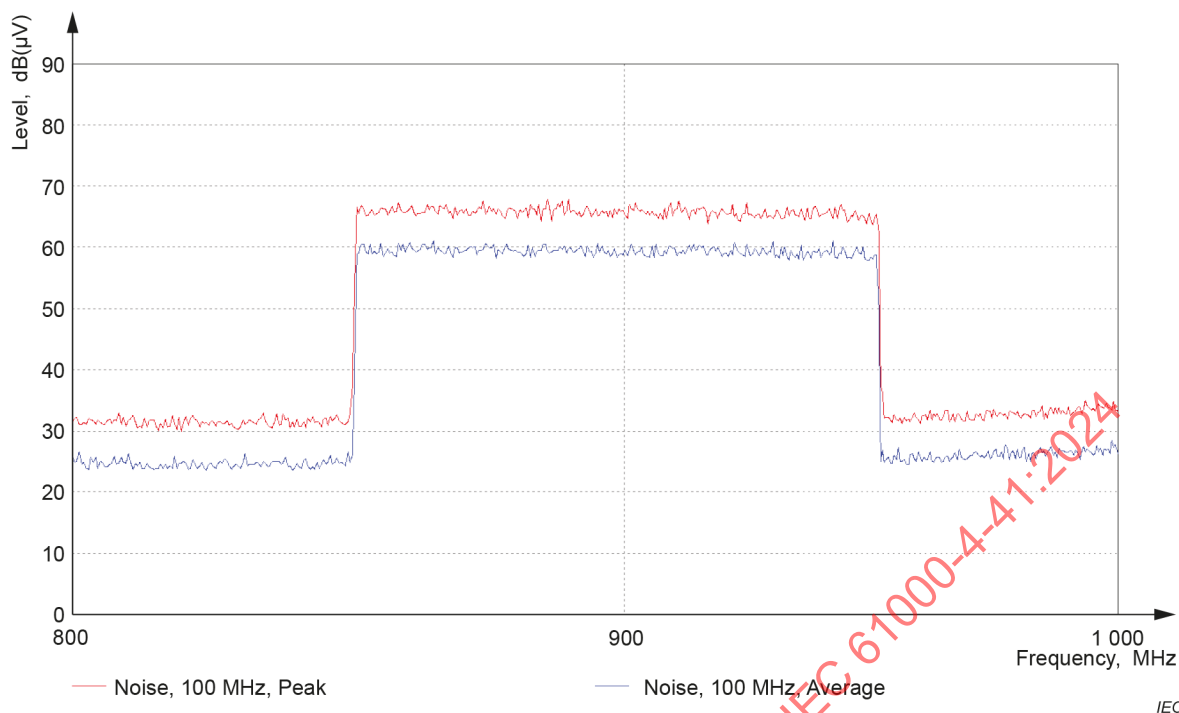
Generator setting: 900 MHz and -20 dBm.

Spectrum analyser setting: 120 kHz resolution bandwidth and max-hold, red trace peak detector, blue trace average detector.

Figure C.3 – Example of an OFDM spectrum

The test signal for this document is modeled using band-limited white noise instead of OFDM in order to ensure independence from modulation schemes, as a basic standard. Additionally, a 100 Hz pulse modulation (PM) with 50 % duty cycle is added to this model to simulate the TDD scheme of 5G.

Figure C.4 and Figure C.5 show examples of a spectrum of the test signal using a white noise in the frequency domain and time domain. This signal with a bandwidth of 100 MHz was also generated by using a vector signal generator and then measured by using a spectrum analyser.

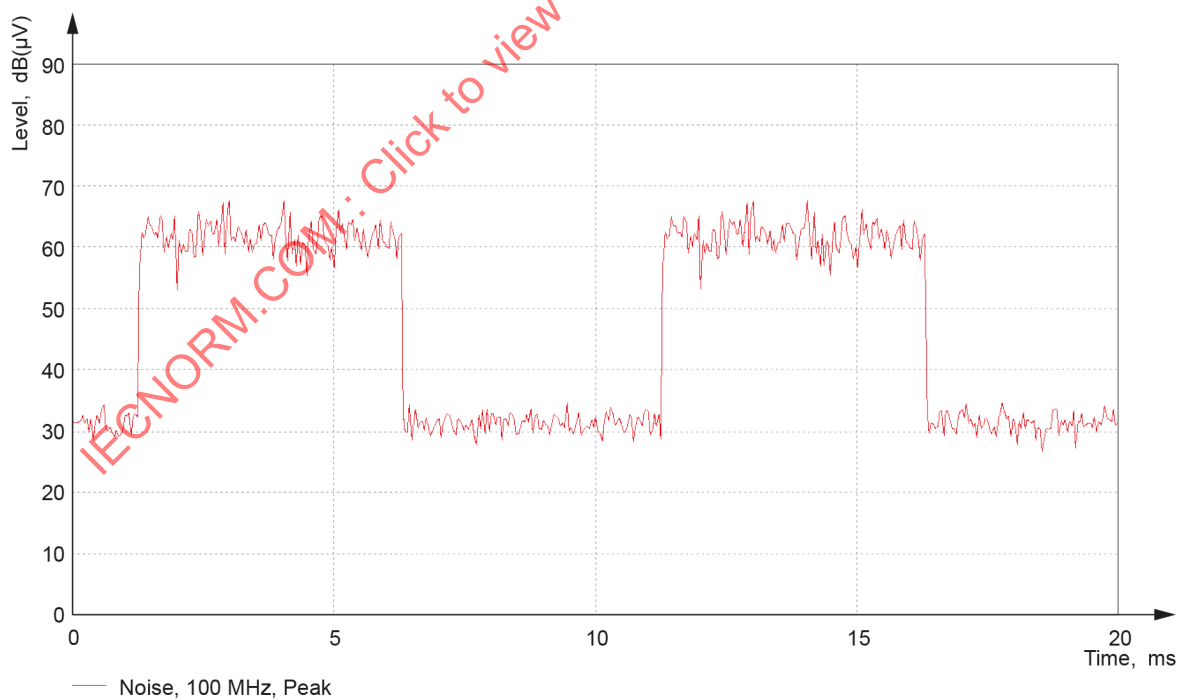


Noise: 100 MHz BW and 100 Hz PM with 50 % duty cycle.

Generator setting: 900 MHz and -20 dBm.

Spectrum analyser setting: 120 kHz resolution bandwidth and max-hold, red trace peak detector, blue trace average detector.

Figure C.4 – Examples of a spectrum of the test signal in frequency domain



Noise: 100 MHz BW and 100 Hz PM with 50 % duty cycle.

Generator setting: 900 MHz and -20 dBm.

Spectrum analyser setting: 120 kHz resolution bandwidth, zero span at 900 MHz and peak.

Figure C.5 – Examples of a spectrum of the test signal in time domain

C.3 Application of a test model signal

The test models for specific purposes are specified by each communication standard organizations, 3GPP, IEEE, etc., on their conformity test standards for 5G NR, WiFi, etc.

Product family committees may select as a test signal one of these test model signals specified in the communication standard under consideration.

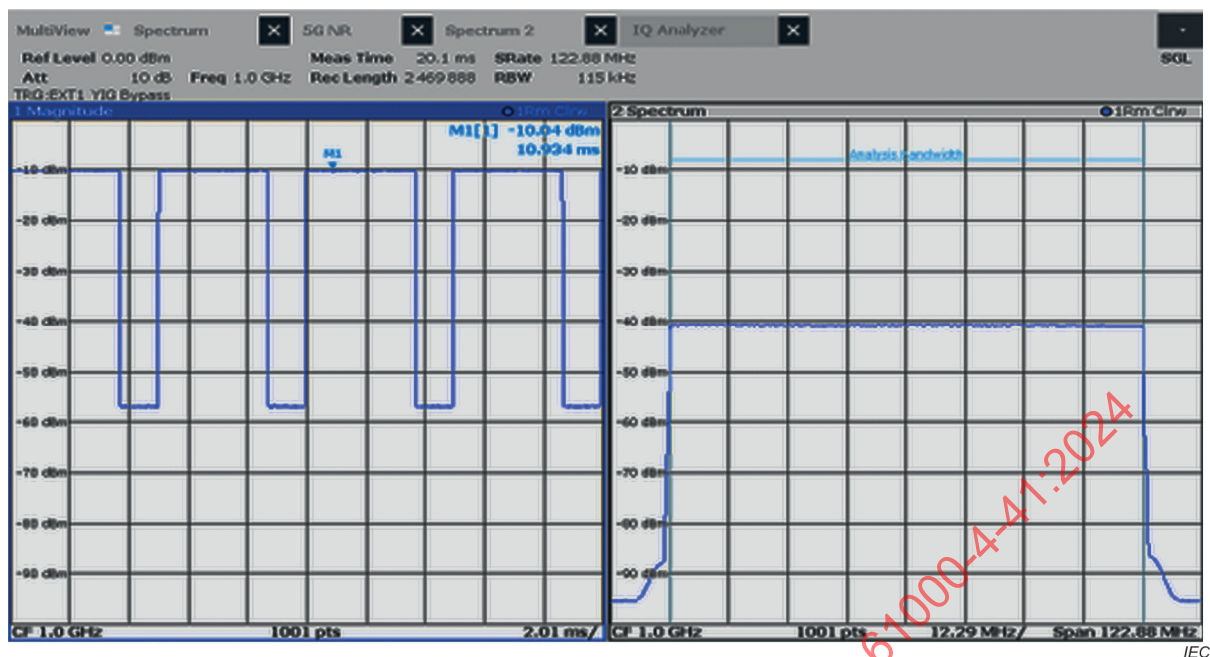
Table C.1 shows examples of test model signals which are specified in ETSI TS 138.141-1 for FR1 BS, ETSI TS 138.141-2 for FR2 BS, and ETSI TS 138.521-1 for UE.

Table C.1 – Examples of the test model signal

Test model number	Modulations	Used resource blocks	Band width	Objects of test	Target EUT
TM1.1	QPSK	Full RB (273 RB)	100 MHz	ACLR (adjacent channel leakage power ratio), power, SEM (spectral emission mask)	BS
TM1.2		Full RB	100 MHz		
TM2	64 QAM	One RB	100 MHz	EVM (error vector magnitude), frequency error	
TM3.1		Full RB	100 MHz		
TM2a	256 QAM	One RB	100 MHz		
TM3.1a		Full RB	100 MHz		
TM3.2	QPSK+16 QAM	One RB	100 MHz		
TM3.3	QPSK+QPSK	Full RB	100 MHz		
G-FR1-A3-28	QPSK	273 RB	100 MHz	Rx sensitivity,	UE
G-FR1-A1-8	QPSK	6 RB	100 MHz	ACLR	

The NR-TM1.1 signal among them has a full-band occupation spectrum like the test signal simulated in Clause C.2.

Figure C.6 shows an example of an equivalent power waveform and spectrum measured by a signal and spectrum analyser, for the NR-FR1-TM1.1 signal generated by a vector signal generator.



OFDM numerology: 100 MHz BW, QPSK, and 4:1 TDD cfg.2.

Generator setting: 1 GHz and -10 dBm.

Spectrum analyser setting: 115 kHz resolution bandwidth.

Figure C.6 – Example of an equivalent power waveform and spectrum for NR-FR1-TM1.1

Also, Figure C.7 shows an example of a channel power measurement of the TM1.1 signal.

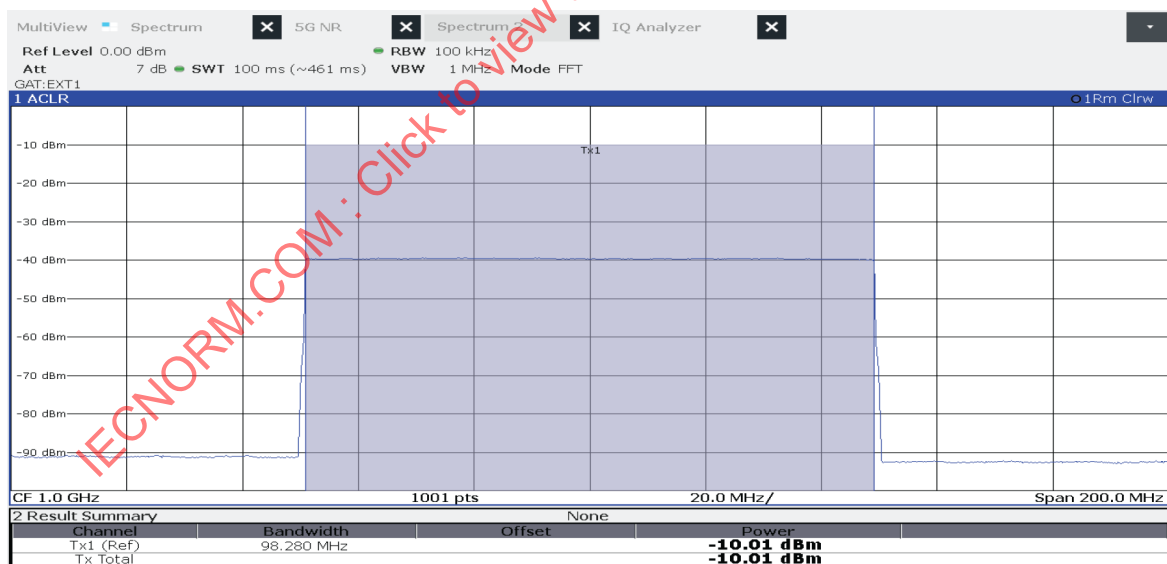


Figure C.7 – Example of a channel power measurement for NR-FR1-TM1.1

Annex D (informative)

Guidelines for selecting test levels

D.1 General

The generated field strength of the conventional radio transmitters, for the far field, can be directly obtained by the following simplified formula according to IEC 61000-4-3.

$$E = k \cdot \frac{\sqrt{P}}{d} \quad (\text{D.1})$$

where

E is the field strength (root-mean-square (RMS) value) (V/m);

k is a constant, with a value of 7 (ideal half wave dipole), for free-space propagation in the far field;

P is the effective radiated power (ERP) (W); and

d is the distance from the antenna (m).

The test levels of broadband signals are expressed in terms of an equivalent carrier electric field strength in V/m and in electric field spectral density in the following unit:

$$\text{dB} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{Hz}}} \right)$$

considering broadband characteristics for 4G and 5G communications. The conversions can be obtained by the following formula.

$$F_{\text{SD}} = 20 \lg \left(\frac{E}{10^{-6}} \right) - 10 \lg(f_{\text{BW}}) \quad (\text{D.2})$$

where

F_{SD} is the electric field spectral density, in the following unit:

$$\text{dB} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{Hz}}} \right)$$

E is the field strength (RMS value) (V/m); and

f_{BW} is the test signal bandwidth, in Hz.

The signal bandwidth varies by countries and the communication service providers. The test signal bandwidth may be chosen by product committees.

D.2 Test levels related to general purposes

The test levels should be selected in accordance with the electromagnetic radiation environment to which the EUT and cables can be exposed when finally installed. The consequences of failure should be kept in mind in selecting the test level to be used. A higher level should be considered if the consequences of failure are large.

If the EUT is to be installed at a few sites only, then inspection of the local RF sources enables a calculation of field strengths likely to be encountered. If the powers of the sources are not known, it is possible to measure the actual field strength at the location(s) concerned.

For EUT intended for operation in a variety of locations, the following guidelines are provided for the selection of the test level to be used.

The following classes are related to the test levels listed in Clause 5; they are considered as general guidelines for the selection of the appropriate test levels:

- Class 1: Low-level electromagnetic radiation environment. Levels typical of local radio/television stations located at more than 1 km, and transmitters of low power.
- Class 2: Moderate electromagnetic radiation environment. Low power portable transceivers (typically less than 1 W rating) are in use, but with restrictions on use in close proximity to the equipment.
- Class 3: Severe electromagnetic radiation environment. Portable transceivers (2 W rating or more) are in use relatively close to the equipment but not less than 1 m. High power broadcast transmitters can be located close by.
- Class 4: Portable transceivers are in use at the distance between 0,2 m and 1 m of the equipment. Other sources of significant interference can be within 1 m of the equipment.

The levels specified are typical values which are rarely exceeded in the locations described. At some locations these values are exceeded, for example in the proximity of high-power transmitters or ISM equipment located in the same building. In such cases, it is preferable to shield the room or building, and filter the signal and power wires to the equipment, rather than specifying all equipment to be immune to such levels.

D.3 Test levels related to the protection against RF emissions from 4G/5G communications

The test levels can be selected in accordance with the expected electromagnetic field strength, i.e. considering the power of the mobile phone or base station and the likely distance between its transmitting antenna and the EUT. Usually, mobile phones will give rise to more severe requirements than base stations (because mobiles tend to be located much closer to potentially susceptible devices than base stations).

The cost for establishing the required immunity and the consequences of failure should be considered when selecting the equivalent test level to be applied.

Higher exposures than the selected test level can occur in practice with a lower rate of occurrence. In order to prevent unacceptable failures in those situations, a second test can be performed at a higher level and reduced performance, i.e. specified degradation, may be accepted.

Table D.1 and Table D.2 give examples of test levels and the associated protection distances from IEC TR 61000-2-5. The protection distance is the minimum acceptable distance to a mobile phone or base station when testing has been performed at the stated test level. These distances are calculated from Formula (D.1).

**Table D.1 – Examples of test levels, associated protection distances –
Mobile and portable phones of 4G/5G communications**

Disturbance degree and corresponding field strength	Phenomena (sources)		
	4G $P = 23 \text{ dBm} = 200 \text{ mW}$	5G (FR1) $P = 26 \text{ dBm} = 400 \text{ mW}$ MIMO / Beamforming possible (above 3 GHz)	5G (FR2) $P = 26 \text{ dBm} = 400 \text{ mW}$ MIMO / Beamforming possible (above 3 GHz)
	Transmitter frequencies [MHz]		
	450 MHz to 470 MHz 698 MHz to 862 MHz 790 MHz to 862 MHz 2 300 MHz to 2 400 MHz 3 400 MHz to 3 600 MHz	b)	24,25 GHz to 27,25 GHz 26,5 GHz to 29,5 GHz 27,5 GHz to 28,35 GHz 37 GHz to 40 (52,6) GHz
	Distance to source [m]		
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements		
1 0,3 V/m	10	14,7 ^{a)}	81,0
2 1 V/m	3,1	4,44 ^{a)}	24,4
3 3 V/m	1	1,48 ^{a)}	8,15
4 10 V/m	0,29	0,44 ^{a)}	2,45
5 30 V/m	0,11	0,13 ^{a)}	0,82
6 100 V/m	0,067	0,06 ^{a)}	0,24
X (harsh)	Case-by-case according to the situation		
NOTE Estimated antenna gain 2,15 dBi for calculation of distance. In case of beamforming capability this will increase for example up to 17 dBi for 16 antenna elements.			
a) Calculation done for system without beamforming because it is more unlikely as in the FR2 band			
b) Frequency bands			
Band	Uplink	Downlink	Duplex mode
n1	1 920 MHz – 1 980 MHz	2 110 MHz – 2 170 MHz	FDD
n3	1 710 MHz – 1 785 MHz	1 805 MHz – 1 880 MHz	FDD
n7	2 500 MHz – 2 570 MHz	2 620 MHz – 2 690 MHz	FDD
n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD
n28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD
n38	2 570 MHz – 2 620 MHz	2 570 MHz – 2 620 MHz	TDD
n40	2 300 MHz – 2 400 MHz	2 300 MHz – 2 400 MHz	TDD
n41	2 496 MHz – 2 690 MHz	2 496 MHz – 2 690 MHz	TDD
n50	1 432 MHz – 1 517 MHz	1 432 MHz – 1 517 MHz	TDD
n51	1 427 MHz – 1 432 MHz	1 427 MHz – 1 432 MHz	TDD
n65	1 920 MHz – 2 010 MHz	2 110 MHz – 2 200 MHz	FDD
n75	N/A	1 432 MHz – 1 517 MHz	SDL (supplementary downlink)
n76	N/A	1 427 MHz – 1 432 MHz	SDL
n77	3 300 MHz – 4 200 MHz	3 300 MHz – 4 200 MHz	TDD
n78	3 300 MHz – 3 800 MHz	3 300 MHz – 3 800 MHz	TDD
n80	1 710 MHz – 1 785 MHz	N/A	SUL (supplementary uplink)
n81	880 MHz – 915 MHz	N/A	SUL
n82	832 MHz – 862 MHz	N/A	SUL
n83	703 MHz – 748 MHz	N/A	SUL
n84	1 920 MHz – 1 980 MHz	N/A	SUL

**Table D.2 – Examples of test levels, associated protection distances –
Base stations of 4G/5G communications**

Disturbance degree and corresponding field strength	Phenomena (sources)		
	4G $P = 40 \text{ dBm} = 10 \text{ W}$	5G (FR1) $P = 58 \text{ dBm} = 631 \text{ W}$ Massive MIMO / Beamforming possible (above 3 GHz)	5G (FR2, metro cell) $P = 43 \text{ dBm} = 20 \text{ W}$ Massive MIMO / Beamforming possible for metro cell
	Transmitter frequencies		
	450 MHz to 470 MHz 698 MHz to 862 MHz 790 MHz to 862 MHz 2 300 MHz to 2 400 MHz 3 400 MHz to 3 600 MHz	c)	24,25 GHz to 27,25 GHz 26,5 GHz to 29,5 GHz 27,5 GHz to 28,35 GHz 37 GHz to 40 (52,6) GHz
	Distance to source [m]		
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements		
1 0,3 V/m	364	2 890 ^{a)}	514 ^{b)}
2 1 V/m	109	868 ^{a)}	154 ^{b)}
3 3 V/m	36	289 ^{a)}	51,4 ^{b)}
4 10 V/m	10,9	86,8 ^{a)}	15,4 ^{b)}
5 30 V/m	3,6	28,9 ^{a)}	5,14 ^{b)}
6 100 V/m	1,08	8,68 ^{a)}	1,54 ^{b)}
X (harsh)	Case-by-case according to the situation		
NOTE 1 The base station is emitting a broadcast beam and a traffic beam. The power of the broadcast beam is typically 8 dB to 10 dB lower.			
NOTE 2 The output power, P , of each base station is indicated by the maximum burst power, which means the average power within the burst signal. An absolute gain of each base-station antenna (beam) is assumed to be 16,0 dBi. It is assumed that not more than 4 beams are focussing on one mobile device.			
a) Calculation done for system with beamforming assuming an antenna gain of 16 dBi and the traffic beam.			
b) Calculation done for metro cell system with beamforming assuming an antenna gain of 16 dBi and the traffic beam. For other cell types (micro ($P \leq 10 \text{ W}$), pico ($P \leq 5 \text{ W}$), femto ($P \leq 1 \text{ W}$)), distance to source values can be scaled accordingly.			
c) Frequency bands			
Band	Uplink	Downlink	Duplex mode
n1	1 920 MHz – 1 980 MHz	2 110 MHz – 2 170 MHz	FDD
n3	1 710 MHz – 1 785 MHz	1 805 MHz – 1 880 MHz	FDD
n7	2 500 MHz – 2 570 MHz	2 620 MHz – 2 690 MHz	FDD
n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD
n28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD
n38	2 570 MHz – 2 620 MHz	2570 MHz – 2 620 MHz	TDD
n40	2 300 MHz – 2 400 MHz	2 300 MHz – 2 400 MHz	TDD
n41	2 496 MHz – 2 690 MHz	2 496 MHz – 2 690 MHz	TDD
n50	1 432 MHz – 1 517 MHz	1 432 MHz – 1 517 MHz	TDD
n51	1 427 MHz – 1 432 MHz	1 427 MHz – 1 432 MHz	TDD
n65	1 920 MHz – 2 010 MHz	2 110 MHz – 2 200 MHz	FDD
n75	N/A	1 432 MHz – 1 517 MHz	SDL
n76	N/A	1 427 MHz – 1 432 MHz	SDL
n77	3 300 MHz – 4 200 MHz	3 300 MHz – 4 200 MHz	TDD
n78	3 300 MHz – 3 800 MHz	3 300 MHz – 3 800 MHz	TDD
n80	1 710 MHz – 1 785 MHz	N/A	SUL
n81	880 MHz – 915 MHz	N/A	SUL
n82	832 MHz – 862 MHz	N/A	SUL
n83	703 MHz – 748 MHz	N/A	SUL
n84	1 920 MHz – 1 980 MHz	N/A	SUL

D.4 Guidelines to derive a test level from a field distribution

The test level can be derived from an electromagnetic field spectrum from radio services under consideration. This clause specifies how to obtain the equivalent carrier electric field strength of the broadband test signal.

Equipment necessary:

- spectrum analyser
- receive antenna with known antenna factor (unit: 1/m)
- cable with known attenuation to connect the spectrum analyser and the antenna

Calculations to be performed to obtain the channel power are as follows and are typically performed inside the spectrum analyser:

- a) The voltage at the output port of the receive antenna when an electric field $E(f)$ is incident on it is:

$$U(f) = E(f) / F_a(f) \quad (D.3)$$

where

- f is the frequency of the spectral component of the broadband signal, in Hz;
 $U(f)$ is the voltage across 50 Ω at the output port of the receive antenna, in V;
 $E(f)$ is the electric field strength incident on the receive antenna, in V/m; and
 $F_a(f)$ is the antenna factor, in 1/m.

- b) The power reading of the spectrum analyser is:

$$P(f) = 10 \lg(U^2(f) / Z) + 30 - a_{\text{cable}}(f) \quad (D.4)$$

where

- $P(f)$ is the power reading of the spectrum analyser, in dBm;
 Z is the characteristic impedance of the measurement system, 50 Ω ; and
 $a_{\text{cable}}(f)$ is the attenuation of the cable, in dB.

- c) The channel power measured is:

$$P_{\text{CH}} = 10 \lg \left(\sum_{\text{BWCP}} 10^{\frac{P(f)}{10}} \right) \quad (D.5)$$

where

- P_{CH} is the channel power measured, in dBm; and
 BWCP is the 3 dB bandwidth chosen for the channel power measurement.

- d) If the spectrum analyser has the correction menu for the cable loss and the conversion function for the antenna factor, i.e. the cable loss and antenna factor can be keyed in for the frequencies, the measured channel power is corrected and converted to be expressed (displayed) with the electric field strength unit, for example V/m or dB(µV/m) using Formula (D.6).

$$E_{eq} = \sqrt{\left(\sum_{BWCP} 10^{\left(\frac{P(f) + F_{a_dB}(f) + a_{cable}(f)}{10} \right)} \right) \times 10^{-3} \times 50} \quad (D.6)$$

where

E_{eq} is the equivalent electric field strength (RMS value), in V/m;

$F_{a_dB}(f)$ is the antenna factor, in dB(1/m), i.e. $20 \lg(F_a(f))$.

When the spectrum analyser has the functionality for cable loss compensation and antenna factor conversion, the value displayed in dB(µV/m) can be used for the test level, i.e. equivalent electric field strength using Formula (D.7).

$$E_{eq} = 10^{\left(\frac{P_{DIS}}{20} \right)} \times 10^{-6} \quad (D.7)$$

where

E_{eq} is the equivalent electric field strength (RMS value), in V/m; and

P_{DIS} is the value displayed by the spectrum analyser in dB(µV/m) as shown in Figure D.1.

If the spectrum analyser, to be used for the measurement, does not have the correction and conversion functionality the calculation in Formula (D.6) and Formula (D.7) should be done manually or by the used software to obtain the final result of the equivalent field strength of the broadband signal.

For an example, in case of deriving the test level from a 5G spectrum by using a spectrum analyser having this functionality, the spectrum and channel power are measured by using the spectrum analyser with a receive antenna. Figure D.1 shows an example of the channel power measurement on a 5G spectrum measured by a spectrum analyser. The displayed electric field strength corresponding to the measured channel power (corrected and converted power density of 40,84 dB(mW/m²) or electric field power of 27,84 dB(V²/m²)) within 280 MHz bandwidth is 147,84 dB(µV/m) and E_{eq} derived on this spectrum is 24,66 V/m.

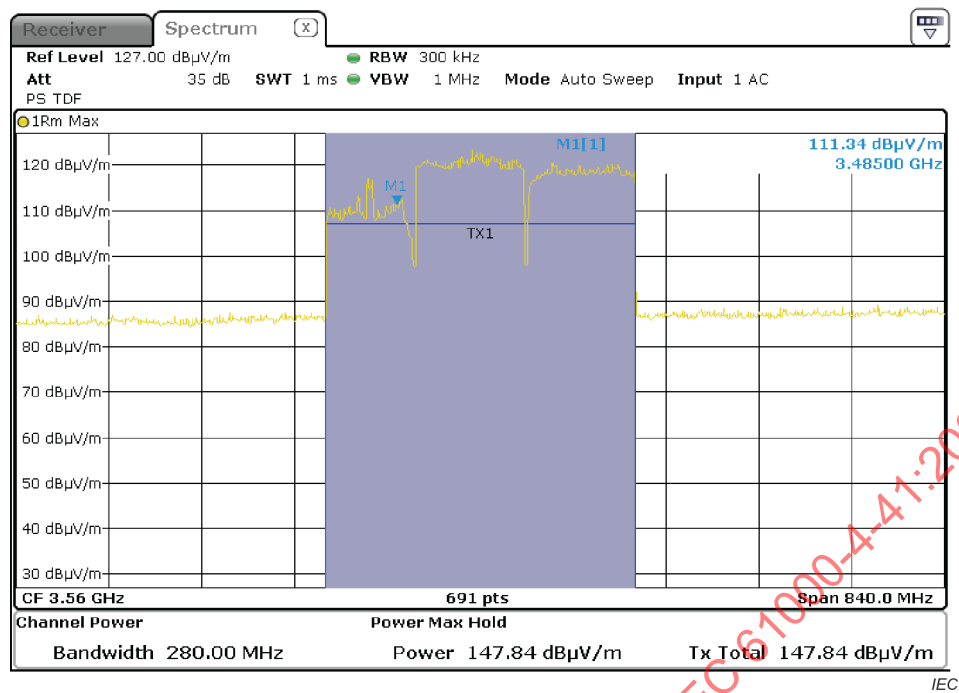


Figure D.1 – Example of a channel power measurement on a 5G spectrum

Annex E (informative)

Measurement uncertainty due to test instrumentation

The approach for determining the measurement uncertainty due to test instrumentation is the same as specified in IEC 61000-4-3:2020, Annex J.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

Annex F (informative)

Test signal characterization

F.1 General

This annex provides additional information on generation of the test signal, the crest factor of the waveform and measurement techniques required to assess it.

F.2 Test signal generation

The test signal can be generated by use of a noise source or a vector signal generator, with appropriate filtering to meet the spectrum mask. Vector signal generators use a pseudo random sequence to create the in-phase and quadrature pairs (I & Q) which are digitally processed with appropriate filtering for shaping, including band limiting and then mixed with an RF carrier to produce the test signal. Note that to generate a WGN of the specified bandwidth, there shall be a sufficient number of samples and an appropriate clock rate. To limit the bandwidth of a noise waveform, vector generators normally employ oversampling, before feeding a filter. The filter shape will determine the spectral shape, including the roll-off. The combination of all these factors (oversampling rate, number of samples, clock frequency, filter shape, etc.) will all influence the final bandwidth.

F.3 Definition of the crest factor

Crest factor is the ratio of the peak amplitude of a waveform to its RMS value, usually expressed in dB. It is an important consideration in wireless technologies as excessive crest factor can place undue demands on RF amplification stages. 5G and WiFi signals have an inherently large crest factor due to the modulations used and the high-power control channel signalling. A WGN test signal has been chosen to best simulate the wide range of broadband signals that might be encountered by an EUT. It is important, therefore, to characterize the crest factor of this test signal.

For a voltage waveform, the crest factor is mathematically given by:

$$F_{\text{crest}} = 20 \times \lg \left(\frac{U_{\text{peak}}}{U_{\text{rms}}} \right) \quad (\text{F.1})$$

where

F_{crest} is the crest factor (dB);

U_{peak} is the peak voltage (V);

U_{rms} is the root mean square (RMS) voltage (V).

For a periodic signal, it is thus a simple case of measuring the peak and RMS values over the duration of one period and calculating the result. However, due to the random nature of the test signal a statistical analysis, calculating the probability density of voltage spike events, is favourable. If the test signal is derived from a true gaussian distributed noise source, then the crest factor can be as high as 18 dB. Real communication devices can produce crest factors of up to 20 dB, but because of linearity constraints, this is usually limited by filtering or clipping. In order to operate efficiently the crest factor is usually controlled to between 10 dB and 14 dB.

When performing immunity tests with broadband signals having such high crest factors (above 10 dB) there can be problems with dynamic range and bandwidth of the chosen test equipment, which can produce differing results.

There are multiple methods of determining the crest factor of broadband signals. Measurements can be done at the signal generator output as well as at the amplifier output.

F.4 Crest factor determination

F.4.1 Mathematical determination for arbitrary waveform generator use

The mathematical determination of the crest factor is performed on a broadband signal file as loaded into the arbitrary waveform generator part of the signal generator. Assuming that the file consists of N complex samples a_i for the base band, the peak value in logarithmic scale is:

$$U_{\text{dB,peak}} = 20 \times \lg(\max(|a_i|)) \quad (\text{F.2})$$

The RMS value in logarithmic scale is calculated with:

$$U_{\text{dB,rms}} = 20 \times \lg\left(\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |a_i|^2}\right) \quad (\text{F.3})$$

The crest factor is then simply the difference:

$$F_{\text{crest}} = U_{\text{dB,peak}} - U_{\text{dB,rms}} \quad (\text{F.4})$$

F.4.2 Complementary cumulative distribution function (CCDF)

A complementary cumulative distribution function graph plots the probability for the voltage to be larger than a certain value. Taking the probability value as it gets very close to zero allows to estimate the crest factor, or to state more accurately the crest factor observed over a certain time period or number of samples. Figure F.1 shows an example CCDF of a band-limited white gaussian noise signal.

The y-axis of the CCDF graph is a percentage of samples scale. Taken from a set of samples, it represents the probability of the signal being at or above a certain power level shown on the x-axis. The x-axis of the CCDF graph represents the voltage level above the RMS value and hence the crest factor can be read directly from the CCDF curve at a suitably low value on the y-axis. A reading taken at 1×10^{-6} (0,000 1 %) is generally considered to be suitable. More stable results can be obtained either by increasing the number of samples or readings at higher probabilities (e.g. 1×10^{-5} (0,001 %)).

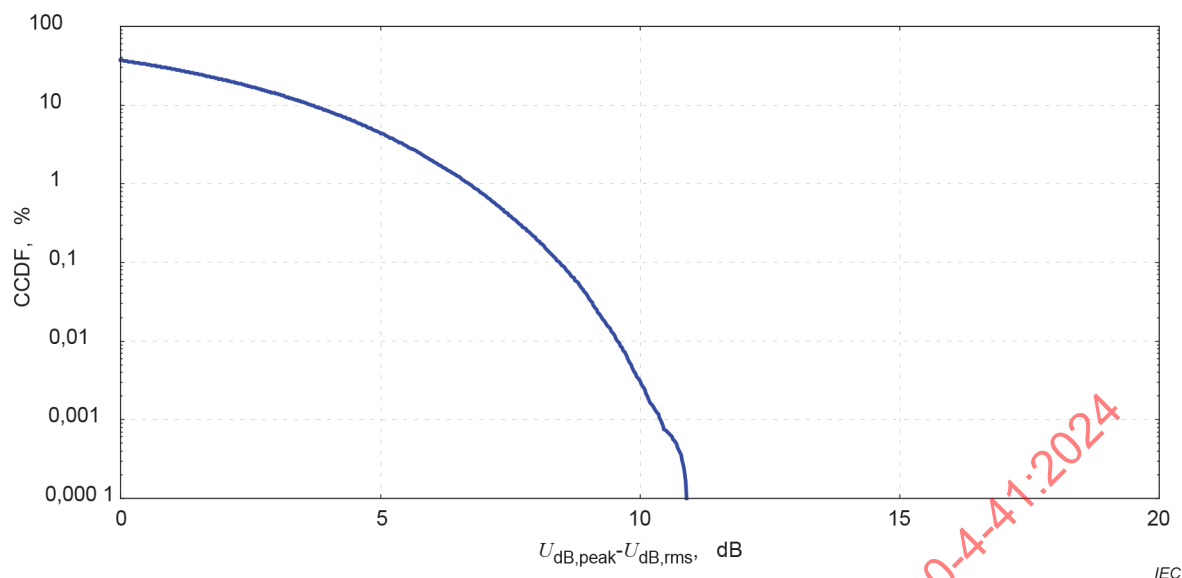


Figure F.1 – CCDF of a band-limited white gaussian noise signal

F.5 Amplifier saturation

The effect of amplifier saturation is visualized in Figure F.2. The test signal provided by the signal generator is a 20 MHz wide gaussian noise signal produced with an arbitrary waveform generator in the base band for various generator output levels.

With the same test signal the -2 dB saturation criterion defined in 6.3.2.2 is met with a generator power of $P_{\text{gen}} = -20$ dBm.

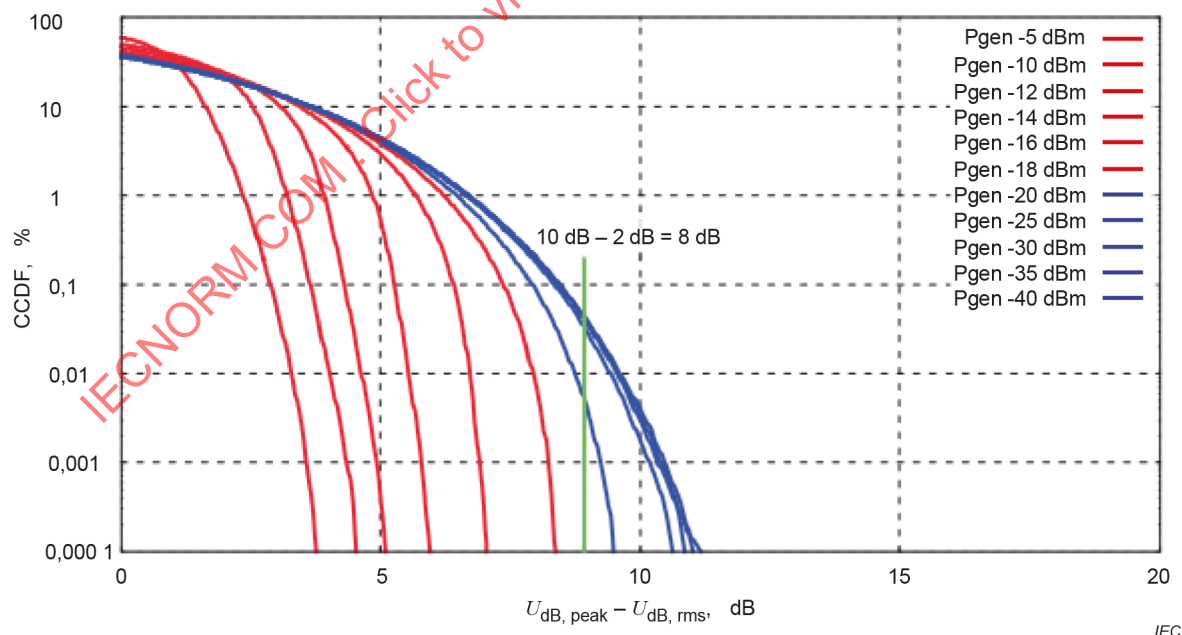


Figure F.2 – CCDF of a band-limited white gaussian noise signal at the output of the amplifier for different signal generator levels

F.6 Measurement methods

F.6.1 General

The crest factor can be measured using a spectrum analyser, oscilloscope or RF power meter. Note that the chosen measuring equipment shall have sufficient bandwidth for the broadband signal being measured and shall only be operated within its linear dynamic range. The sample rate is not so significant for a truly random noise signal – i.e. a gapless measurement is not required, but there could be some aliasing type effect if the sample sequence is continuously repeated in the same order or not long enough. The measurement time for each sample shall be short enough to capture the peak without averaging out (depending on exactly how the measurement detector works).

For the measurement of the crest factor provided at the output of the signal generator, the chosen instrument for measuring the crest factor is directly connected to the signal generator output. The setting of the power level for the signal generator is in the range of the maximum signal generator output level as used for testing.

A general setup for the test equipment used in radiated immunity testing is shown in Figure F.3. The ‘measuring instrument’ provides the forward power feedback loop for the testing. Once the level has been set, this can be replaced with the chosen instrument for measuring the crest factor. Alternatively, a power splitter can be used to feed both the forward power and crest factor measuring instruments simultaneously, provided the additional loss is taken into account.

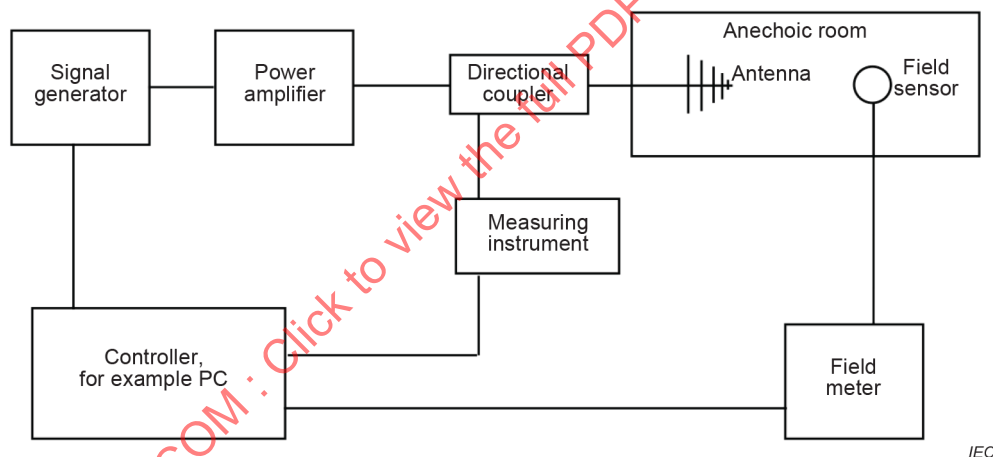


Figure F.3 – Test setup diagram for radiated immunity testing

F.6.2 Spectrum analyser method

A spectrum analyser used in the normal swept frequency mode is used to check the spectrum mask. Whilst in this mode peak and RMS traces can be plotted, however taking the difference between the traces is not a suitable measure of the crest factor of a random noise-like signal. Instead, the analyser shall be set to a resolution bandwidth greater than the test signal bandwidth and a zero span mode used with a sample detector.

a) Required test equipment

The analyser shall provide a resolution bandwidth of at least the test signal bandwidth. The sweep time for the zero span shall be equal to the duration of the random sequence for an arbitrarily generated noise signal or should be equal to the dwell time selected for testing using a true noise signal. A minimum of 10 megasamples is required.

b) Measurement procedure

Analysis of the measurement is normally provided with in-built analyser software to plot the CCDF curve. The number of samples and measurement speed will influence the repeatability and accuracy of the measurement.

F.6.3 Time domain measurement with a fast oscilloscope

The measurement of the crest factor can also be performed with a fast oscilloscope. Such oscilloscopes are usually equipped with signal analysis functions such as RMS determination or maximum value determination. Since the instrument analyses the RF signal rather than the demodulated signal a factor of $\sqrt{2}$ shall be considered, which is the ratio of the peak voltage and RMS voltage for a pure sinusoidal signal. Thus, the crest factor from the oscilloscope readings $U_{\text{osc,peak}}$ and $U_{\text{osc,rms}}$ (in linear scale) is:

$$F_{\text{crest}} = 20 \times \lg \left(\frac{U_{\text{osc,peak}}}{\sqrt{2} \times U_{\text{osc,rms}}} \right) \quad (\text{F.5})$$

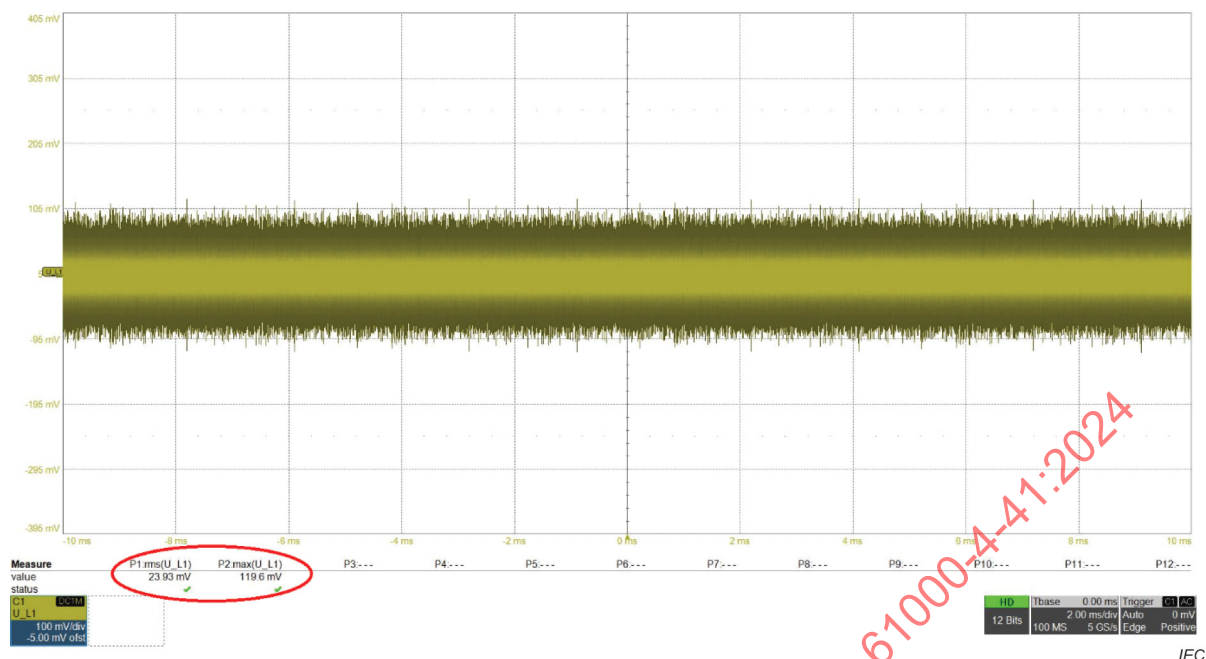
a) Required test equipment

The analogue bandwidth of the oscilloscope shall be equal to the highest frequency used for testing or higher. The sampling frequency shall be at least twice the analogue bandwidth. The number of sampling points for a single shot measurement shall be sufficient to cover a 100 ms measurement time for a signal generation with a true noise source or at least the duration of the waveform sequence when the test signal is generated with an arbitrary waveform generator.

b) Measurement procedure

The time base shall be adjusted to cover 100 ms (for true noise signal generation) or to cover the time for the sequence (for arbitrary waveform generation). The internal maximum detection and RMS measurement functions shall be activated. The vertical resolution shall be adjusted so that both the maximum function and the RMS function deliver stable results.

An example of an oscilloscope measurement performed at the output of the signal generator delivering a 20 MHz wide gaussian noise broadband signal with a centre frequency of 700 MHz is shown in Figure F.4.



NOTE The readings are highlighted with a red ellipse by: P1 rms(U_L1) 23.93 mV; P2 max (U_L1) 119,6 mV

Figure F.4 – Oscilloscope of a 20 MHz wide gaussian noise signal with a centre frequency of 700 MHz at the signal generator

F.6.4 Power meter method

Certain power sensors or meters can be used to make the measurement if the sensor rise time is in the order of a few nanoseconds. A simple comparison of peak and average readings is not a suitable measure. Thermal averaging and CW peak sensors are also not appropriate. Similar to the spectrum analyser method, the number of samples in the population or the test time should be set to a high enough number in order to complete the CCDF curve. The value at 1×10^{-6} , or 0,000 1 % is the crest factor. More stable results can be obtained either by increasing the number of samples or readings at higher probabilities (e.g. 1×10^{-5} (0,001 %)).

a) Required test equipment

Power meters are necessary which have an amplitude detection rise time of not more than 3 ns for a 100 MHz wide test signal and 15 ns for a 20 MHz wide test signal.

b) Measurement procedure

The crest factor is given by the ratio of peak to RMS value, which can be measured with the power measurement sensor.

F.7 Comparison of crest factor measurement results

As a suitability test for the different methods three signals with different crest factors have been synthesized based on gaussian noise with a test signal bandwidth of 20 MHz. The measurements have been performed with the mathematical (see F.4.1), the CCDF (see F.4.2 and F.6.4), the spectrum analyser (see F.6.2) and the time domain method (see F.6.3).

Table F.1 summarizes the obtained results.

Table F.1 – Measurement of crest factors with different methods

Test signal (bandwidth 20 MHz)	Crest factor in dB			
	Mathematical	CCDF (RBW: 40 MHz)	Spectrum analyser (RBW: 40 MHz)	Time domain (5 GS/s, 12 bits)
WGN	10,91	10,90	10,83	10,97
PN11	15,16	15,16	15,12	15,22
PN113	20,30	20,32	20,28	20,27
NOTE PN11 and PN113 are specially designed bit streams to achieve a specific higher crest factor.				

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-702:1992, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 702: Oscillations, signals and related devices*

IEC TR 61000-1-6:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty*

IEC TR 61000-2-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-5: Environment – Description and classification of electromagnetic environments*

IEC GUIDE 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*

ETSI TS 138.141-1, 5G; NR; Base Station (BS) conformance testing Part 1: Conducted conformance testing

ETSI TS 138.141-2, 5G; NR; Base Station (BS) conformance testing Part 2: Radiated conformance testing

ETSI TS 138.521-1, 5G; NR; User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception; Part 1: Range 1 standalone

ETSI EN 301 908-25 V15.1.1, *IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 25: New Radio (NR) User Equipment (UE) Release 15*

Recommendation ITU-R M.2150-1, *Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)* (02/2022)

Recommendation ITU-R M.2150-2, *Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)* (12/2023)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	55
INTRODUCTION.....	57
1 Domaine d'application	58
2 Références normatives	58
3 Termes, définitions et abréviations	58
3.1 Termes et définitions	58
3.2 Abréviations.....	60
4 Généralités.....	61
5 Niveaux d'essai et signal d'essai	61
5.1 Niveaux d'essai.....	61
5.2 Signal d'essai	62
5.3 Plage de fréquences et largeur de bande du signal d'essai	65
5.4 Masque spectral	65
5.5 Paliers de fréquence	67
5.6 Choix du niveau	67
6 Matériel d'essai et procédure de réglage du niveau	68
6.1 Instrumentation d'essai	68
6.2 Description des installations d'essai.....	69
6.3 UFA et validation de la forme du spectre.....	69
6.3.1 Généralités	69
6.3.2 Contrôle de la saturation et validation du spectre	69
7 Montage d'essai	70
8 Procédure d'essai.....	71
8.1 Taille des paliers et largeur de bande du signal d'essai	71
8.2 Signal d'essai et de réglage de niveau	71
9 Évaluation des résultats d'essai.....	71
10 Rapport d'essai	72
Annexe A (informative) Informations relatives à la génération de signaux d'essai	73
A.1 Généralités	73
A.2 Génération de bruit réel	73
A.3 Séquence de bruit pseudo-aléatoire.....	74
Annexe B (informative) Antennes de génération de champ	78
Annexe C (informative) Signaux 4G et 5G.....	79
C.1 Vue d'ensemble de la technologie d'interfaces radioélectriques de la 4G et de la 5G.....	79
C.1.1 Généralités	79
C.1.2 Vue d'ensemble de la composante RIT: EUTRAN/LTE.....	79
C.1.3 Vue d'ensemble de la composante RIT: NR	82
C.2 Simulation du signal 5G	82
C.3 Application d'un signal de modèle d'essai	85
Annexe D (informative) Lignes directrices pour le choix des niveaux d'essai.....	87
D.1 Généralités	87
D.2 Niveaux d'essai relatifs aux cas généraux.....	88
D.3 Niveaux d'essai relatifs à la protection contre les émissions aux fréquences radioélectriques des communications 4G/5G.....	88

D.4	Lignes directrices pour déterminer un niveau d'essai à partir d'une distribution de champ.....	92
Annexe E (informative) Incertitude de mesure due à l'instrumentation d'essai.....		95
Annexe F (informative) Caractérisation du signal d'essai		96
F.1	Généralités	96
F.2	Génération du signal d'essai	96
F.3	Définition du facteur de crête	96
F.4	Détermination du facteur de crête	97
F.4.1	Détermination mathématique pour l'utilisation d'un générateur de formes d'onde arbitraires	97
F.4.2	Fonction de distribution cumulative complémentaire (CCDF)	97
F.5	Saturation de l'amplificateur	98
F.6	Méthodes de mesure	99
F.6.1	Généralités	99
F.6.2	Méthode de l'analyseur de spectre	100
F.6.3	Mesurage dans le domaine temporel avec un oscilloscope rapide.....	100
F.6.4	Méthode du wattmètre	101
F.7	Comparaison des résultats de mesure du facteur de crête	102
Bibliographie.....		103
Figure 1 – Exemple de l'enveloppe d'un signal d'essai d'une largeur de 100 MHz dans le domaine fréquentiel		63
Figure 2 – Exemple de l'enveloppe d'un signal d'essai d'une largeur de 100 MHz dans le domaine temporel		64
Figure 3 – Signal d'essai modulé en impulsion, avec une période de 10 ms et un rapport cyclique de 50 %		64
Figure 4 – Masque spectral du signal d'essai à large bande à la sortie de l'amplificateur de puissance		66
Figure A.1 – Principe de génération de bruit réel		73
Figure A.2 – Exemple d'un signal de bruit réel à largeur de bande limitée de 100 MHz à une fréquence centrale de 1 GHz.....		74
Figure A.3 – 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		74
Figure A.4 – Exemple de spectre d'un signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de 120 kHz)		76
Figure A.5 – Extrait du signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée dans le domaine temporel (mesuré avec un oscilloscope).....		76
Figure A.6 – Extrait du spectre d'un signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de 10 Hz, normalisé à une largeur de bande de 1 Hz)		77
Figure C.1 – Structure temps/fréquence des liaisons ascendante/descendante pour le DRF et le DRT		80
Figure C.2 – Asymétries des liaisons ascendante/descendante prises en charge par la RIT EUTRAN/LTE (DRT).....		81
Figure C.3 – Exemple de spectre MROF		83
Figure C.4 – Exemples d'un spectre du signal d'essai dans le domaine fréquentiel		84
Figure C.5 – Exemples d'un spectre du signal d'essai dans le domaine temporel.....		84
Figure C.6 – Exemple d'une forme d'onde et d'un spectre de puissance équivalente pour NR-FR1-TM1.1		86

Figure C.7 – Exemple de mesure de la puissance de canal pour NR-FR1-TM1.1	86
Figure D.1 – Exemple de mesure de la puissance de canal sur un spectre 5G	94
Figure F.1 – CCDF d'un signal de bruit blanc gaussien à largeur de bande limitée.....	98
Figure F.2 – CCDF d'un signal de bruit blanc gaussien à largeur de bande limitée à la sortie de l'amplificateur pour différents niveaux du générateur de signaux	99
Figure F.3 – Schéma du montage d'essai pour les essais d'immunité aux rayonnements	100
Figure F.4 – Oscillogramme d'un signal de bruit gaussien d'une largeur de 20 MHz avec une fréquence centrale de 700 MHz au niveau du générateur de signaux	101
Tableau 1 – Niveaux d'essai	62
Tableau 2 – Modulation impulsionnelle du signal d'essai.....	63
Tableau 3 – Plages de fréquences et largeur de bande du signal d'essai	65
Tableau 4 – Exigences relatives au signal d'essai.....	66
Tableau C.1 – Exemples du signal de modèle d'essai	85
Tableau D.1 – Exemples de niveaux d'essai, de distances de protection associées – Téléphones mobiles et portables de communications 4G/5G.....	90
Tableau D.2 – Exemples de niveaux d'essai, de distances de protection associées – Stations de base de communications 4G/5G.....	91
Tableau F.1 – Mesurage des facteurs de crête avec différentes méthodes.....	102

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –**Partie 4-41: Techniques d'essai et de mesure –
Essais d'immunité aux rayonnements à large bande****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 61000-4-41 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Elle constitue la Partie 4-41 de l'IEC 61000. Elle a le statut d'une publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de l'IEC.

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

Projet	Rapport de vote
77B/892/FDIS	77B/895/RVD

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

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

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

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

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

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée en plusieurs parties selon 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 de la responsabilité 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

Lignes directrices 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 des Normes internationales soit comme des Spécifications techniques ou des Rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées sous forme de sections. D'autres seront publiées avec le numéro de partie, suivi d'un tiret et complété d'un second numéro qui identifie la subdivision (l'IEC 61000-6-1, par exemple).

La présente partie constitue une Norme internationale qui fournit les exigences d'immunité et les procédures d'essai relatives aux perturbations rayonnées générées par des signaux à large bande.

Les signaux de communication numériques modernes fonctionnent sur plusieurs fréquences, comme le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF), et utilisent des largeurs de bande comprises entre des dizaines de MHz et des centaines de MHz, tout en utilisant la technologie de transmission par duplexage par répartition dans le temps (DRT) ou par duplexage par répartition en fréquence (DRF) dans la bande, ou les deux. Ces signaux à large bande peuvent entraîner une dégradation des performances ou un dysfonctionnement d'autres matériels, ou les deux. Dans le présent document, la perturbation n'est pas un balayage de fréquence d'un signal à bande étroite, mais un signal à large bande avec plusieurs fréquences coexistantes échelonné sur la plage de fréquences souhaitée.

Des exemples de signaux à large bande sont les signaux LTE et les signaux de communication mobile 5G.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-41: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux rayonnements à large bande

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 concerne les perturbations rayonnées à large bande générées, par exemple, par des dispositifs ou des services de communication, des émetteurs ou des sources électromagnétiques industrielles, ou tout autre dispositif capable de générer un tel signal.

Le présent document a pour objet d'établir une référence commune d'évaluation des performances en matière d'immunité des matériels électriques et électroniques soumis à des champs électromagnétiques rayonnés à large bande.

Le présent document spécifie les essais dans les plages de fréquences au-dessus de 80 MHz, limitées uniquement par les capacités des instruments d'essai disponibles dans le commerce.

2 Références normatives

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

IEC 61000-4-3:2020, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61000-4-3 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1.1

équipement auxiliaire

AE

équipement nécessaire pour fournir au matériel à l'essai (EUT, *Equipment Under Test*) les signaux exigés pour un fonctionnement normal et les matériels servant à vérifier les performances du matériel à l'essai

Note 1 à l'article: L'abréviation "AE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "auxiliary equipment".

3.1.2

amplitude de champ électrique de porteuse équivalente

amplitude de champ électrique à une fréquence porteuse équivalente à la racine carrée de la puissance de champ électrique cumulée (E^2) causée par le rayonnement du signal à large bande

Note 1 à l'article: L'amplitude de champ électrique de porteuse équivalente est exprimée en V/m.

3.1.3

signal à large bande

signal où l'énergie est répartie sur plusieurs mégahertz, soit par la nature à large bande du signal lui-même soit par une modulation, par exemple par une collection de sous-porteuses

Note 1 à l'article: Dans les applications types, un signal à large bande peut avoir une largeur de 5 MHz à 100 MHz.

3.1.4

rapport cyclique

fraction de la période pendant laquelle un signal répétitif se situe au-dessus d'un seuil spécifié

Note 1 à l'article: Cette période correspond à la durée d'un cycle d'un événement répétitif. Il s'agit de l'inverse de la fréquence de répétition.

3.1.5

générateur d'essai

générateur capable de générer le signal d'essai exigé

Note 1 à l'article: Le générateur d'essai peut, par exemple, inclure un générateur de signaux vectoriels, des sources de modulation, des affaiblisseurs, des amplificateurs de puissance à large bande et des filtres, etc. Voir l'Annexe A pour obtenir des informations supplémentaires sur le générateur d'essai.

3.1.6

bruit blanc

bruit aléatoire ayant un spectre continu dont la densité spectrale de puissance est constante dans la bande de fréquences considérée

[SOURCE: IEC 60050-702:1992, 702-08-39]

3.1.7

densité spectrale de champ électrique

grandeur déduite de la densité spectrale de puissance (DSP) électrique d'un signal à large bande

Note 1 à l'article: Plus d'informations peuvent être obtenues à l'Annexe D.

Note 2 à l'article: Pour la densité spectrale de champ électrique, l'unité est le (V/m)/ $\sqrt{\text{Hz}}$.

3.1.8

densité spectrale de puissance

DSP

répartition en fonction de la fréquence de la puissance par unité de largeur de bande des composantes spectrales d'un signal ou d'un bruit à spectre continu et de puissance moyenne finie

Note 1 à l'article: La DSP est la mesure du contenu en puissance du signal en fonction de la fréquence. La DSP est généralement utilisée pour caractériser les signaux à large bande. L'amplitude de la DSP est normalisée par la résolution spectrale utilisée pour mesurer le signal.

[SOURCE: IEC 60050-713:1998, 713-09-12, modifié – Le terme "puissance spectrique" a été supprimé et la Note 1 a été ajoutée.]

3.1.9

facteur de crête

rapport entre l'amplitude de crête (enveloppe) et la valeur efficace, généralement exprimé en dB

3.2 Abréviations

ACLR (Adjacent Channel Leakage power Ratio)	rapport de fuite de puissance dans le canal adjacent
AE (Auxiliary Equipment)	équipement auxiliaire
AWG (Arbitrary Waveform Generator)	générateur de formes d'onde arbitraires
MDPB	modulation par déplacement de phase bivalente
BS (Base Station)	station de base
BW (BandWidth)	largeur de bande
CA (Carrier Aggregation)	agrégation des porteuses
CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function)	fonction de distribution cumulative complémentaire
CW (Continuous Wave)	onde entretenue
DFTS-OFDM (Discrete Fourier Transform Spread-OFDM)	MROF à transformée de Fourier discrète
DL (DownLink)	liaison descendante
eMBB (enhanced Mobile BroadBand)	ultra haut débit mobile
eMTC (enhanced MachineType Communication)	communication de type de machine améliorée
eNB (evolved Node B)	eNode B
EUT (Equipment Under Test)	matériel en essai
EUTRAN (Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network)	réseau universel évolué d'accès radio terrestre
EVM (Error Vector Magnitude)	amplitude du vecteur d'erreurs
DRF	duplexage par répartition en fréquence
GP (Guard Period)	période de garde
IMT (International Mobile Telecommunications)	Télécommunications mobiles internationales
LTE	Long Term Evolution
mMTC (massive Machine Type Communication)	communication massive de type machine
NB-IoT (Narrow Band-Internet of Things)	Internet des objets à bande étroite
NR	Nouvelle Radio
MROF	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence
PAPR (Peak-to-Average Power Ratio)	puissance de crête à la puissance moyenne
PM (Pulse Modulation)	modulation impulsionnelle
DSP	densité spectrale de puissance
MAQ	modulation d'amplitude de quadrature
MDPQ	modulation par déplacement de phase en quadrature
RB (Resource Block)	bloc de ressources

RF	radiofréquence
RIT (Radio Interface Technology)	technologie d'interfaces radioélectriques
SEM (Spectral Emission Mask)	masque d'émission spectrale
DRT	duplexage par répartition dans le temps
TTI (Transmission Time Interval)	intervalle de temps de transmission
UE (User Equipment)	matériel utilisateur
UFA (Uniform Field Area)	zone de champ uniforme
UL (UpLink)	liaison ascendante
URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication)	communications ultra-fiables à faible latence
WGN (White Gaussian Noise)	bruit blanc gaussien
3GPP	3 rd Generation Partnership Project

4 Généralités

La source de perturbation couverte par le présent document est un champ électromagnétique composé de signaux à large bande générés, par exemple, par des dispositifs ou des services de communication, des émetteurs ou des sources électromagnétiques industrielles, ou tout autre dispositif capable de générer un tel signal.

La plage de fréquences couverte par le présent document est spécifiée dans le Tableau 3.

5 Niveaux d'essai et signal d'essai

5.1 Niveaux d'essai

Les niveaux d'essai sont donnés par une amplitude de champ électrique de porteuse équivalente conforme au processus de réglage de niveau et à la densité spectrale de champ électrique étendue à la largeur bande du signal d'essai.

Les niveaux des colonnes 3 à 6 du Tableau 1 indiquent la densité spectrale de champ électrique déduite de la densité spectrale de puissance du signal d'essai à large bande, en prenant pour hypothèse que les différentes composantes de spectre ne sont pas corrélées.

Le niveau d'essai est déduit du processus de réglage de niveau de la zone de champ uniforme (UFA). Il convient que la puissance du signal pour générer les niveaux d'essai du Tableau 1 soit égale à la puissance totale du signal à large bande.

Tableau 1 – Niveaux d'essai

Niveau d'essai	Amplitude de champ électrique de porteuse équivalente V/m	Densité spectrale de champ électrique $\text{dB}\left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{Hz}}}\right)$			
		BW = 5 MHz	BW = 20 MHz	BW = 40 MHz	BW = 100 MHz
1	1	53,0	47,0	44,0	40,0
2	3	62,5	56,5	53,5	49,5
3	10	73,0	67,0	64,0	60,0
4	30	82,5	76,5	73,5	69,5

NOTE Les largeurs de bande (BW) de 5 MHz et 40 MHz sont indiquées à l'intention du comité de produit.

Le présent document ne suggère pas qu'un seul niveau d'essai soit applicable sur toute la plage de fréquences. Les comités de produits doivent sélectionner la ou les plages de fréquences à soumettre à l'essai, ainsi que le ou les niveaux d'essai appropriés. L'Annexe D fournit des recommandations aux comités de produits relatives au choix des niveaux d'essai.

Les comités de produits peuvent utiliser des niveaux d'essai autres que ceux énumérés dans le Tableau 1. Toutefois, lorsque l'amplitude de champ électrique de porteuse équivalente est déterminée, les niveaux d'essai pour chaque largeur de bande suivent la relation entre les niveaux d'essai donnée par le Tableau 1.

5.2 Signal d'essai

Les signaux de communication à large bande réels reposent largement sur le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF). Les paramètres (nombre de porteuses, modulation par porteuse, etc.) sont si variés qu'un ensemble de paramètres fixé par accord au niveau international et représentatif de tous les services de communication à large bande concevables ne semble pas faire sens. Conformément à la nature du brouillage, un bruit à largeur de bande limitée est donc spécifié comme signal d'essai. Le signal peut être généré par un générateur de bruit physique équipé d'un filtre ou par un générateur de formes d'onde arbitraires, qui joue périodiquement un code pseudo-aléatoire. Dans ce dernier cas, des précautions doivent être prises pour que la séquence soit suffisamment longue pour produire un spectre aussi continu que possible.

Le facteur de crête est un paramètre supplémentaire important du signal d'essai. Le facteur de crête du signal de sortie du générateur de signaux doit être d'au moins 10 dB. Les informations relatives à la caractérisation du signal d'essai sont données à l'Annexe F.

NOTE 1 Plus le facteur de crête est élevé, plus les réserves dynamiques de l'amplificateur de puissance sont sollicitées.

Les signaux à large bande utilisés comme signaux d'essai dans le présent document sont des variantes temporelles destinées à simuler les variations d'amplitude dues au schéma de transmission par répartition dans le temps. Pour les besoins des essais, une modulation impulsionnelle est choisie. Un rapport cyclique de 50 % est privilégié. La modulation est spécifiée dans le Tableau 2.

Les comités de produits peuvent choisir d'autres rapports cycliques si des signaux de transmission spécifiques sont par hypothèse reproduits par les signaux d'essai.

Tableau 2 – Modulation impulsionnelle du signal d'essai

Paramètre	Valeur
Fréquence de modulation	100 Hz ± 10 Hz:
Temps de montée/descente de l'enveloppe (entre 10 % et 90 % de l'amplitude)	< 20 µs
Rapport cyclique	(50 ± 2) %

La Figure 1 et la Figure 2 montrent un exemple de signal d'essai avec une largeur de bande de 100 MHz dans le domaine fréquentiel et dans le domaine temporel, respectivement.

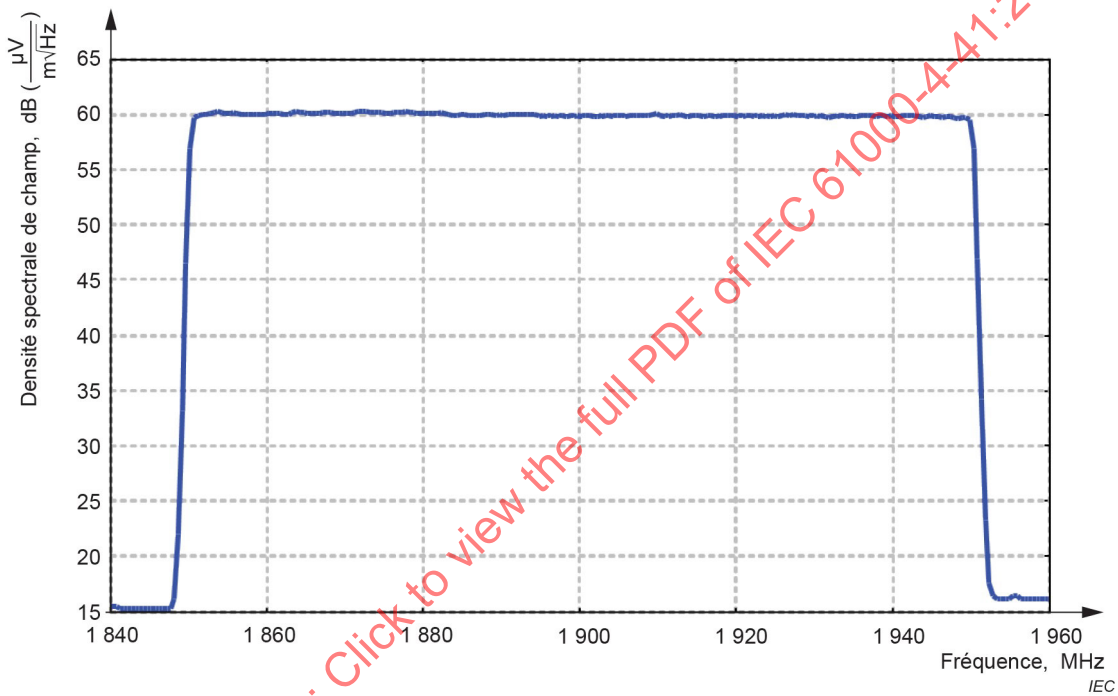


Figure 1 – Exemple de l'enveloppe d'un signal d'essai d'une largeur de 100 MHz dans le domaine fréquentiel

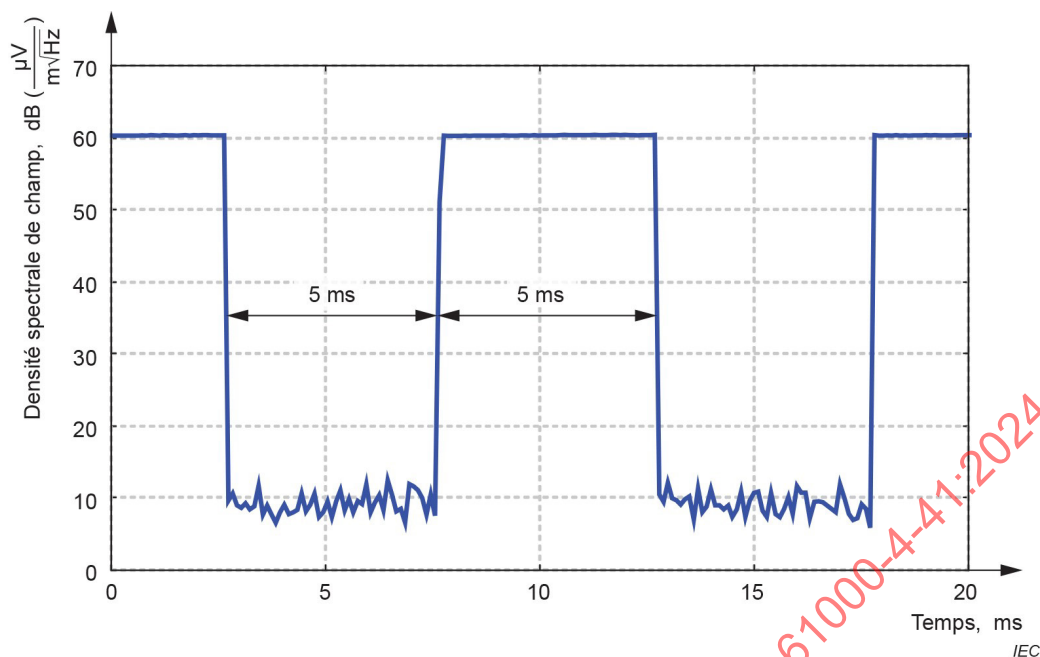


Figure 2 – Exemple de l'enveloppe d'un signal d'essai d'une largeur de 100 MHz dans le domaine temporel

La Figure 3 représente les caractéristiques d'un signal d'essai modulé. Noter que lorsque la modulation impulsionnelle est activée, l'énergie du signal d'essai est réduite à 50 % (-3 dB), car l'amplitude est proche de zéro alors que le signal est désactivé. Il convient toutefois que l'amplitude d'essai reste inchangée au cours de la période d'activation, au niveau déduit du processus de réglage de niveau de l'UFA.

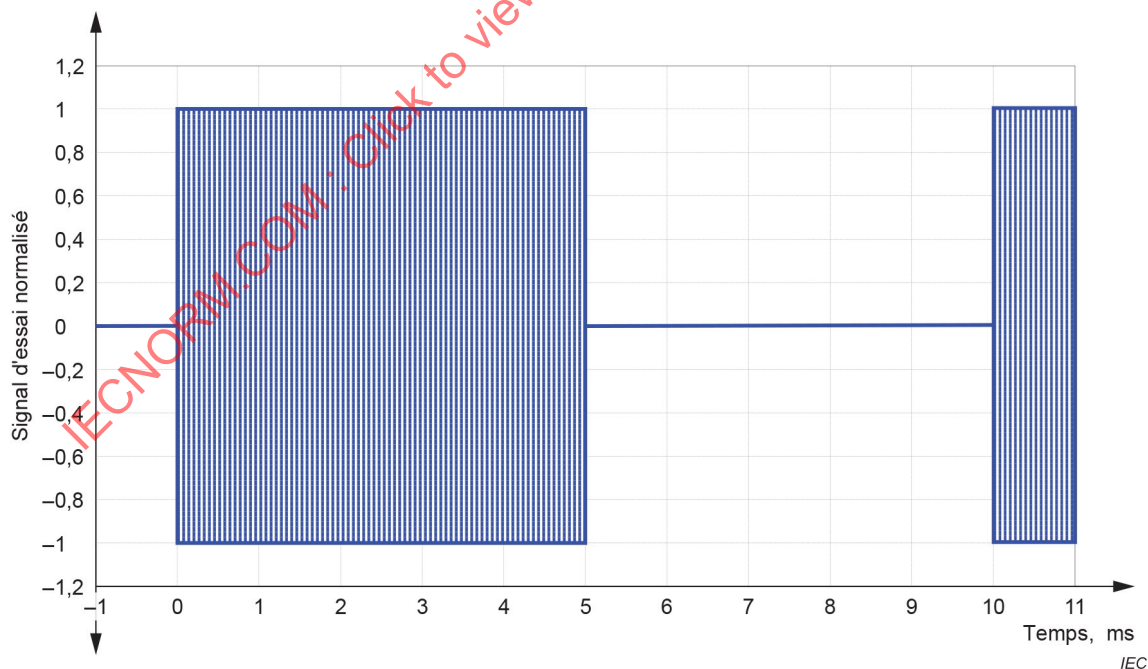


Figure 3 – Signal d'essai modulé en impulsion, avec une période de 10 ms et un rapport cyclique de 50 %

5.3 Plage de fréquences et largeur de bande du signal d'essai

Les signaux d'essai pour la présente norme d'essai d'immunité à large bande sont choisis comme étant représentatifs des signaux de radiocommunication numériques modernes, dans le sens où les signaux contiennent de l'énergie électrique qui est répartie sur plusieurs mégahertz.

Le signal d'essai utilisé dans le présent document ne contient aucune information, mais est considéré comme un bruit blanc avec une densité spectrale égale à toutes les fréquences de la largeur de bande du signal d'essai.

La largeur de bande du signal d'essai est spécifiée dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Plages de fréquences et largeur de bande du signal d'essai

Fréquence initiale	Fréquence finale	Largeur de bande du signal d'essai
MHz	MHz	MHz
80	600	À l'étude
600	1 800	20
1 800	6 000	100
6 000	Limite de fréquence supérieure	À l'étude

Le présent document spécifie les essais dans les plages de fréquences au-dessus de 80 MHz, limitées uniquement par les capacités des instruments d'essai disponibles dans le commerce.

Les comités de produits peuvent spécifier des plages de fréquences au-dessus de 80 MHz et une largeur de bande du signal d'essai autre que celles énumérées dans le Tableau 3.

5.4 Masque spectral

Le signal d'essai doit avoir les propriétés spectrales spécifiées sur la Figure 4 et dans le Tableau 4, qui doivent être vérifiées à la sortie de l'amplificateur de puissance.

La densité spectrale est mesurée en utilisant une largeur de bande du récepteur de 1 MHz et d'un détecteur de valeur efficace. Si un analyseur de spectre est utilisé pour le mesurage, la largeur de bande de résolution doit être réglée à 1 MHz et la largeur de bande vidéo doit être réglée à au moins 3 MHz.

Le générateur de signaux d'essai doit produire le signal de manière que la puissance RF totale sans la modulation impulsionnelle du signal (souvent appelée puissance de canal) soit égale à la puissance de sortie lorsque le générateur d'essai est réglé sur un signal sinusoïdal non modulé (signal à ondes entretenues, CW). Cela est généralement le cas pour les générateurs de signaux.

Tableau 4 – Exigences relatives au signal d'essai

Largeur de bande du signal d'essai	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
MHz	MHz	dB	dB	dB
5	10	20	6	3
20	10	20	6	3
40	20	20	6	3
100	20	20	6	3

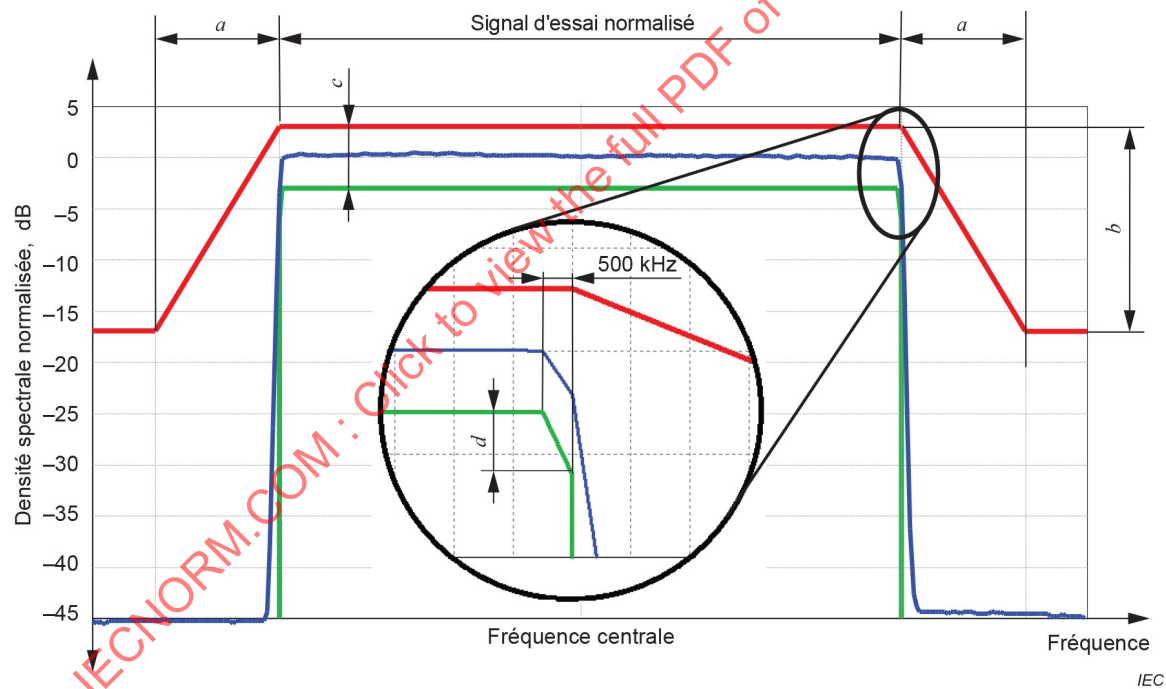
Pour les spécifications de *a*, *b*, *c* et *d*, voir la Figure 4.

La valeur de *a* pour une largeur bande du signal d'essai de 5 MHz a été spécifiée en raison de la réponse en fréquence du matériel de génération du signal.

La limite d'amplitude supérieure décroît linéairement de *b* dB en fonction de la fréquence dans une plage de *a* MHz des limites supérieure et inférieure de la bande.

La limite d'amplitude inférieure décroît linéairement de *d* dB en fonction de la fréquence dans une plage de 500 kHz des limites supérieure et inférieure de la bande.

Les largeurs de bande du signal d'essai de 5 MHz et de 40 MHz sont indiquées à l'intention des comités de produits.



Légende

- Ligne rouge limite supérieure
- Ligne bleue exemple de signal d'essai
- Ligne verte limite inférieure

NOTE Voir également l'Annexe A.

Figure 4 – Masque spectral du signal d'essai à large bande
à la sortie de l'amplificateur de puissance

5.5 Paliers de fréquence

Le signal d'essai est balayé en utilisant les tailles de paliers déterminées par la largeur de bande du signal d'essai, comme cela est spécifié ci-dessous. Ainsi, le signal d'essai doit être appliqué progressivement sur l'ensemble de la plage de fréquences par paliers de la largeur de bande du signal d'essai choisie.

Le début des paliers de fréquence doit être effectué comme cela est spécifié ci-dessous. Si la plage de fréquences spécifiée ne correspond pas à tous les paliers de la largeur de bande du signal d'essai, le signal d'essai peut alors dépasser la fréquence d'essai la plus élevée.

Des exemples de paliers de fréquences sont donnés ci-après:

- 1) La première fréquence d'essai f_1 est choisie de manière qu'elle corresponde à la moitié de la largeur de bande du signal d'essai au-dessus de la fréquence initiale.

Exemple 1: En utilisant une largeur de bande du signal d'essai de 20 MHz et un essai initial à 600 MHz, le premier réglage de la fréquence centrale est de $600 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \text{ fois } 20 \text{ MHz} = 610 \text{ MHz}$.

Exemple 2: En utilisant une largeur de bande du signal d'essai de 100 MHz et un essai initial à 1 800 MHz, le premier réglage de la fréquence est de $1\,800 \text{ MHz} + \frac{1}{2} \text{ fois } 100 \text{ MHz} = 1\,850 \text{ MHz}$.

- 2) La fréquence d'essai suivante f_2 est choisie de manière qu'elle corresponde à la largeur de bande du signal d'essai au-dessus de f_1 .

Exemple 1: En utilisant une largeur de bande du signal d'essai de 20 MHz, $f_2 = 610 \text{ MHz} + 20 \text{ MHz} = 630 \text{ MHz}$.

Exemple 2: En utilisant une largeur de bande du signal d'essai de 100 MHz, $f_2 = 850 \text{ MHz} + 100 \text{ MHz} = 950 \text{ MHz}$.

- 3) Les étapes sont répétées jusqu'à ce que la fréquence finale soit couverte par la largeur de bande d'un signal d'essai.

Exemple 1: 60 étapes sont nécessaires pour couvrir la plage de fréquences de 600 MHz à 1 800 MHz en utilisant une largeur de bande du signal d'essai de 20 MHz. La dernière fréquence d'essai est de 1 790 MHz.

Exemple 2: 42 étapes sont nécessaires pour couvrir la plage de fréquences de 1 800 MHz à 6 000 MHz en utilisant une largeur de bande du signal d'essai de 100 MHz. La dernière fréquence d'essai est de 5 950 MHz.

5.6 Choix du niveau

Le niveau d'essai est défini comme la puissance du signal à chaque fréquence d'essai. Les essais conformément au présent document sont fondés sur le processus de réglage de niveau exécuté pour les essais avec des signaux sinusoïdaux modulés, comme cela est spécifié dans l'IEC 61000-4-3.

Si des données de réglage de niveau sont déjà disponibles pour l'UFA dans le laboratoire d'essai, ces données sont privilégiées et peuvent être directement appliquées pour le présent essai. Les données enregistrées pour les essais conformément à l'IEC 61000-4-3 sont souvent disponibles par paliers de 1 % de la fréquence précédente, à partir de 80 MHz.

Il convient de choisir les données de réglage du niveau pour la fréquence centrale du signal d'essai à large bande parmi les deux fréquences de réglage du niveau voisines de l'IEC 61000-4-3, par interpolation.

Si plusieurs fréquences de réglage de niveau de l'IEC 61000-4-3 sont disponibles dans une largeur de bande de signal d'essai, il suffit de choisir la fréquence de l'IEC 61000-4-3 la plus proche pour le réglage du niveau. Par exemple, lorsque l'essai est réalisé avec une largeur de bande d'essai de 20 MHz et à partir de 600 MHz (600 MHz à 620 MHz), plusieurs fréquences de réglage du niveau de l'IEC 61000-4-3 sont disponibles (603,016 MHz, 609,046 MHz, 615,137 MHz). La fréquence la plus proche du centre du signal d'essai est choisie pour le réglage du niveau (609,046 MHz dans cet exemple).

Il est toutefois également admis d'effectuer un processus de réglage de niveau de l'UFA particulière en utilisant le niveau le plus élevé prévu pour les essais (voir Tableau 1), des tailles de paliers de 20 MHz ou 100 MHz (sauf spécification contraire d'un comité de produit) qui couvrent les fréquences centrales des signaux d'essai choisis pour les essais.

Comme le générateur d'essai fournit la même puissance RF totale pour un signal sinusoïdal non modulé (signal à ondes entretenues) et pour la largeur de bande du signal d'essai (voir Article 5.4), le niveau d'essai peut être surveillé et, si nécessaire, ajusté en mesurant le signal de sortie non modulé à partir de l'amplificateur de puissance à l'aide d'un wattmètre capable de mesurer à la fois les signaux à ondes entretenues et les signaux à large bande.

6 Matériel d'essai et procédure de réglage du niveau

6.1 Instrumentation d'essai

Les matériels d'essai et procédures de réglage du niveau utilisés pour le présent document sont similaires à ceux spécifiés dans l'IEC 61000-4-3, avec des modifications mineures dues à la nature du signal d'essai:

- Chambre anéchoïque: d'une taille adéquate pour maintenir un champ uniforme de dimensions suffisantes par rapport au matériel à l'essai (EUT).
- Générateur(s) de signaux à fréquences radioélectriques (RF): capables de couvrir la bande de fréquences concernée et au moins capables de générer le signal d'essai comme cela est spécifié à l'Article 5. Ils peuvent être équipés d'un générateur de bruit blanc à largeur de bande limitée ou d'un générateur de formes d'onde arbitraires. En outre, la modulation impulsionnelle est exigée soit dans le matériel soit dans le cadre du fichier de formes d'onde du générateur de formes d'onde arbitraires. Pour le réglage du niveau d'essai, le générateur doit être capable d'ajuster l'amplitude du signal à large bande à une puissance de canal souhaitée (puissance totale).
- Filtres contre le brouillage électromagnétique: en cas d'utilisation, les filtres ne doivent introduire aucun effet de résonance supplémentaire.
- Amplificateurs de puissance: pour amplifier le signal (non modulé et modulé) et fournir à l'antenne émettrice la puissance nécessaire pour obtenir le niveau de champ souhaité.
- Antennes de génération de champ: biconique, log-périodique, cornet, antenne combinée ou toute autre antenne à polarisation linéaire répondant aux exigences de fréquence (voir 5.3 et 5.4).
- Capteur de champ isotrope: avec une plage de fréquences et une sensibilité adéquates pour mesurer l'amplitude de champ générée. Étant donné que le champ uniforme est mesuré à l'aide d'un signal à ondes entretenues, il n'est pas nécessairement exigé que le capteur de champ soit capable de mesurer les signaux à large bande.
- Dispositif de mesure de la puissance incidente: un coupleur directionnel et un wattmètre peuvent être utilisés, ou un détecteur ou contrôleur de puissance incidente peut être inséré entre l'amplificateur et l'antenne. Si le réglage du niveau (voir 5.6) est effectué avec un signal modulé, le dispositif de mesure de la puissance doit être capable de mesurer les signaux à large bande. S'il est utilisé uniquement pour le réglage de niveau des ondes entretenues, les capacités de mesure à large bande ne sont pas exigées.
- Matériels associés pour enregistrer les niveaux de puissance: nécessaires à l'amplitude du champ exigé et pour contrôler la génération de ce niveau pour les essais.

- Dispositif de mesure à sélection de fréquence (analyseur de spectre, par exemple): pour vérifier la forme de la densité spectrale du signal fourni à l'antenne. Pour la vérification de la forme, il est relié au système d'essai par l'intermédiaire du coupleur directionnel spécifié pour le dispositif de mesure de la puissance.

Une immunité suffisante des instruments d'essai doit être appliquée.

6.2 Description des installations d'essai

L'IEC 61000-4-3:2020, 6.2, s'applique.

6.3 UFA et validation de la forme du spectre

6.3.1 Généralités

La caractérisation de l'UFA de l'IEC 61000-4-3 s'applique.

Si une installation d'essai a été validée conformément à l'IEC 61000-4-3 avec succès sur les fréquences d'intérêt du présent document, l'UFA de cette installation est également utilisable aux fins du présent document.

6.3.2 Contrôle de la saturation et validation du spectre

6.3.2.1 Généralités

Afin de contrôler la saturation et la forme d'onde de l'amplificateur, le 6.3.2.2 et le 6.3.2.3 doivent être réalisés pour les fréquences et les largeurs de bande choisies pour les essais. Il convient de réaliser ces processus au moins initialement, puis lorsque des modifications ont été apportées au montage.

En cas d'utilisation de plages de fréquences multiples, la validation du spectre et le contrôle de la saturation décrits ci-dessus doivent être effectués pour chaque plage de fréquences.

Il est admis par hypothèse que, lors du processus de réglage de niveau conformément à l'IEC 61000-4-3:2020, 6.3.2 ou 6.3.3, les grandeurs suivantes ont été déterminées pour chaque point de fréquence:

- E_L : amplitude du champ pour le réglage de niveau et l'étude d'homogénéité du champ (1,8 fois l'amplitude du champ d'essai, si les données de l'IEC 61000-4-3 sont réutilisées, ou amplitude du champ d'essai dans le cas d'une mesure d'UFA particulière).
- P_L : puissance directe exigée pour établir E_L au point de référence déterminé de la zone de champ uniforme.

6.3.2.2 Contrôle de la saturation

La procédure de contrôle de la saturation est effectuée à toutes les fréquences comme suit.

- a) Choisir la largeur de bande appropriée du signal d'essai et commencer la procédure au début de la plage de fréquences.
- b) Avec le générateur RF non modulé (CW), régler le niveau de sortie pour produire la puissance de sortie de l'amplificateur $P_T = P_L - 5,1 \text{ dB}$ (si les données de l'IEC 61000-4-3 sont réutilisées) ou $P_T = P_L$ (dans le cas d'une mesure d'UFA particulière) et enregistrer le niveau de sortie exigé du générateur RF P_{genT} .
- c) Augmenter la puissance du générateur de signaux (CW) de 10 dB ($P_{\text{genT}} + 10 \text{ dB}$) et mesurer la puissance de sortie de l'amplificateur P_{PK} . Si la différence $P_{PK} - P_T$ est supérieure à 8 dB, l'amplificateur est considéré comme étant suffisamment linéaire et le système d'essai est approprié pour les essais. Dans le cas contraire, le système d'essai n'est pas approprié pour les essais.

- d) Régler le générateur RF sur la fréquence centrale exigée. Les valeurs E_L et P_L sont déduites, conformément au 5.6, des mesures d'UFA de l'IEC 61000-4-3:2020 ou d'une mesure d'UFA particulière.
- e) Passer à la fréquence d'essai suivante.
- f) Répéter les étapes b) à e) jusqu'à atteindre ou dépasser la fin de la plage de fréquences.

Il suffit de contrôler la saturation uniquement pour le niveau d'essai le plus élevé. Il est recommandé de répéter la procédure de vérification annuellement et lorsque des modifications ont été apportées à l'instrumentation d'essai (remplacement de l'amplificateur, de l'antenne, de l'absorbeur, etc.) ou à la configuration d'essai (placement de l'UFA, de l'antenne, etc.).

Si l'augmentation de 10 dB conformément à l'étape c) n'est pas réalisable, le facteur de crête peut être mesuré par l'une des méthodes indiquées à l'Annexe F. Dans ce cas, le facteur de crête mesuré à la sortie de l'amplificateur ne doit pas être inférieur aux exigences spécifiées en 5.2, assouplies de 2 dB.

6.3.2.3 Validation du spectre

La procédure de validation du spectre est effectuée comme suit.

- a) Choisir la largeur de bande appropriée du signal d'essai et commencer la procédure au début de la plage de fréquences.
 - b) Remplacer le wattmètre au niveau du coupleur directionnel par le dispositif de mesure à sélection de fréquence et activer la modulation à large bande du générateur RF.
 - c) Régler le générateur RF sur la fréquence centrale exigée.
 - d) Avec le générateur RF non modulé (CW), régler le niveau de sortie pour produire la puissance de sortie de l'amplificateur $P_T = P_L - 5,1 \text{ dB}$ (si les données de l'IEC 61000-4-3 sont réutilisées) ou $P_T = P_L$ (dans le cas d'une mesure d'UFA particulière).
 - e) Mesurer la forme du spectre du signal avec une largeur de bande de résolution de 1 Mhz, un détecteur de valeur efficace et un intervalle égal à deux fois la largeur de bande du signal d'essai choisie pour l'essai. La génération/l'amplification de signaux est considérée comme appropriée pour les essais si la densité spectrale normalisée est comprise dans les paramètres spécifiés dans le Tableau 4.
- NOTE L'application de la correction dépendant de la fréquence des facteurs de transmission des câbles RF, des coupleurs directionnels et des atténuateurs de puissance permet d'évaluer correctement la forme du spectre à la sortie de l'amplificateur.
- f) Passer à la fréquence d'essai suivante.
 - g) Répéter les étapes c) à f) jusqu'à atteindre ou dépasser la fin de la bande de fréquences.

À des niveaux d'essai faibles comparés au bruit de l'amplificateur, le bruit inhérent de l'amplificateur de puissance peut contribuer au niveau hors bande, ce qui peut avoir un impact sur la validation du spectre. La réponse en fréquence de l'amplificateur peut varier en fonction du niveau d'entrée, en particulier à l'approche du point de compression de l'amplificateur, ce qui peut influencer le résultat de la validation du spectre.

7 Montage d'essai

Les exigences de montage d'essai spécifiées dans l'IEC 61000-4-3:2020, Article 7, s'appliquent, y compris les paragraphes applicables.

8 Procédure d'essai

8.1 Taille des paliers et largeur de bande du signal d'essai

Les comités de produits peuvent choisir la largeur de bande du signal d'essai et la taille de palier correspondante conformément au 5.3.

8.2 Signal d'essai et de réglage de niveau

Les essais doivent être réalisés avec le même montage d'essai que celui utilisé pour le contrôle de la saturation (6.3.2.2). Si la puissance de sortie de l'amplificateur est contrôlée, l'amplificateur peut être remplacé, par un autre amplificateur approprié, mais un contrôle supplémentaire de la saturation avec validation du spectre (voir 6.3.2) est nécessaire.

Pour chaque palier de fréquence conformément au 5.5 et au 5.6, le niveau doit être réglé pour produire la puissance directe P_T nécessaire pour atteindre l'amplitude de champ électrique de porteuse équivalente exigée (voir Tableau 1) avec le générateur RF non modulé. Lorsque le niveau exigé est atteint, les modulations à large bande et impulsionnelle doivent être activées. Si des capteurs de moyenne sont utilisés pour le wattmètre, le niveau de sortie de l'amplificateur peut également être réglé lorsque les modulations sont maintenues activées. Dans ce cas, la réduction de puissance de, par exemple, 3 dB (pour un rapport cyclique de 50 %) due à la modulation impulsionnelle doit être prise en compte.

Le temps de palier à chaque signal modulé ne doit pas être inférieur au temps nécessaire pour soumettre l'EUT à l'essai et le laisser réagir, et ne doit en aucun cas être inférieur à 1 s.

NOTE Le temps de palier commence quand la condition d'essai se stabilise à chaque palier de fréquence.

9 Évaluation des résultats d'essai

Afin d'évaluer les résultats d'essai, les performances de l'EUT doivent être examinées pendant le temps de palier et classées selon la perte de fonction ou la dégradation des performances de l'EUT par rapport à un niveau de performance tiré des documents d'accompagnement (feuilles de spécifications, manuels, guides d'utilisation, etc.).

La classification recommandée est la suivante:

- a) Critère de performance A: performances normales comprises dans les limites spécifiées dans les documents d'accompagnement;
- b) Critère de performance B: perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire des performances cessant après la disparition de la perturbation, après quoi l'EUT retrouve ses performances normales sans l'intervention d'un opérateur;
- c) Critère de performance C: perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire des performances nécessitant l'intervention d'un opérateur;
- d) Critère de performance 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.

Cette classification peut être utilisée par les comités responsables des normes génériques, de produits et de familles 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 l'ensemble des informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, les informations suivantes doivent être consignées:

- 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 une seule unité ou comme plusieurs unités;
- les types de câbles, y compris leur longueur, et l'accès d'interface de l'EUT auquel ils étaient connectés;
- toutes les conditions spécifiques d'utilisation (blindage ou mise à la terre, par exemple) ou de fonctionnement de l'EUT, qui doivent être conformes;
- toute information complémentaire pertinente pour la position de l'EUT, de l'AE ou des AE par rapport à la taille et la position de l'UFA ainsi qu'à la position des dispositifs de couplage et de découplage, le cas échéant;
- l'identification du matériel d'essai (p. ex.: marque, type de produit, numéro de série);
- 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;
- le temps de palier et les paliers de fréquence;
- le niveau d'essai réglé;
- la largeur de bande du signal d'essai;
- les paramètres de modulation impulsionnelle;
- le niveau de performance spécifié;
- 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 de réussite/d'échec en fonction du critère de performance spécifié.

Annexe A (informative)

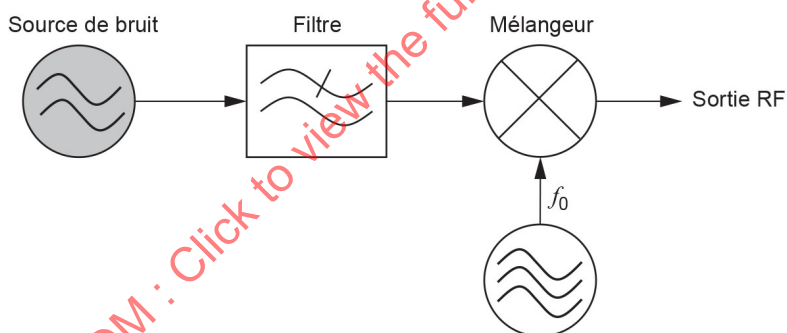
Informations relatives à la génération de signaux d'essai

A.1 Généralités

Le présent document spécifie 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. La présente annexe fournit des recommandations relatives à la réalisation de signaux de bruit réel à largeur de bande limitée et de signaux de bruit pseudo-aléatoire à bande limitée.

A.2 Génération de bruit réel

La génération de bruit réel utilise une source de bruit blanc (par exemple, bruit de grenaille dans une diode à semiconducteurs). Pour la limitation de bande, un filtre restreint la répartition spectrale de la sortie du générateur de bruit à la bande de fréquences exigée (voir Figure A.1). Les caractéristiques du filtre déterminent le spectre du signal généré. Des filtres d'ordre supérieur doivent être réalisés afin de satisfaire aux exigences concernant les pentes aux fréquences limites. Un circuit mélangeur transforme le signal de bruit en bande de base vers la bande de fréquences radioélectriques souhaitée (voir Figure A.1). La Figure A.2 représente un exemple de signal de bruit réel à largeur de bande limitée de 100 MHz à une fréquence centrale de 1 GHz.



IEC

Figure A.1 – Principe de génération de bruit réel

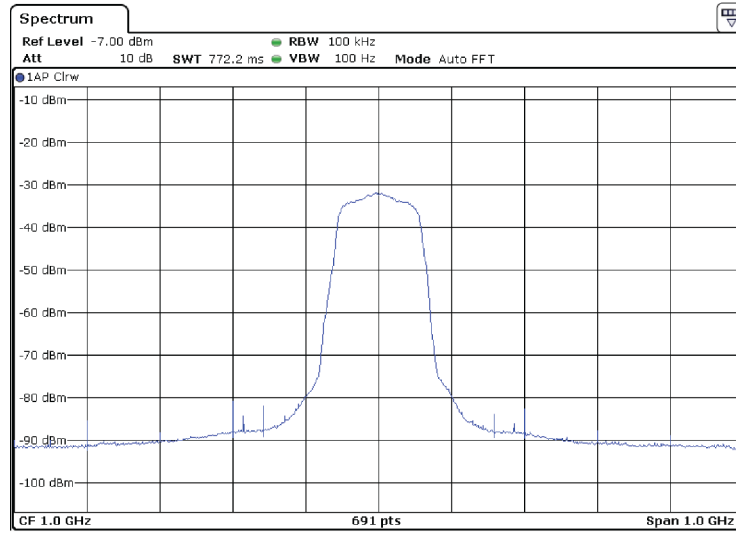


Figure A.2 – Exemple d'un signal de bruit réel à largeur de bande limitée de 100 MHz à une fréquence centrale de 1 GHz

A.3 Séquence de bruit pseudo-aléatoire

La source de bruit réel 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 preconditionné. Ainsi, seul un filtre anti-alias est physiquement nécessaire à la sortie de l'AWG (voir Figure A.3). La conception de ce filtre n'est pas aussi exigeante que pour la génération de bruit réel 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.

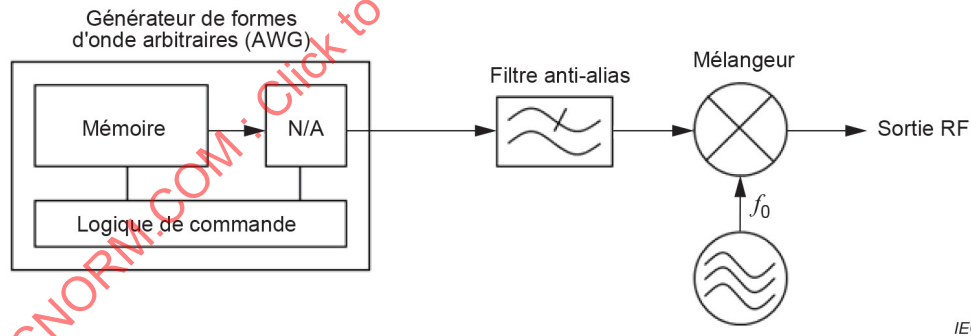


Figure A.3 – Principe de génération d'un signal à large bande et à largeur de bande limitée à l'aide d'un générateur de formes d'onde arbitraires

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:

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

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

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

avec:

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

Le filtre du spectre de signal souhaité avec la fréquence limite inférieure f_1 (fonction de transfert correspondante $H_1(\omega)$) et avec la fréquence limite supérieure f_2 (fonction de transfert correspondante $H_2(\omega)$) est:

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

avec la réponse impulsionnelle correspondante dans le domaine temporel:

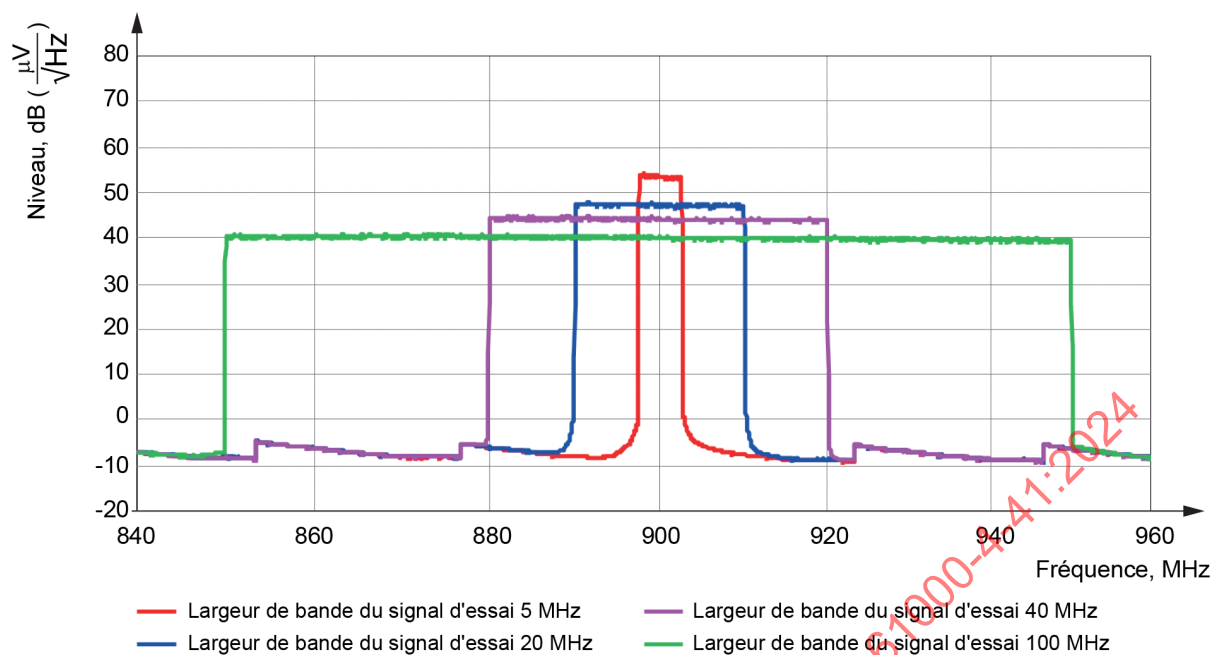
$$h_F(t) = \frac{\omega_2}{\pi} \text{sinc}(\omega_2 \cdot t) - \frac{\omega_1}{\pi} \text{sinc}(\omega_1 \cdot t) \quad (\text{A.5})$$

Appliquer le 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.

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

Si cette séquence $g(t)$ est chargée dans la mémoire d'un AWG, le spectre correspondant est le spectre spécifié dans le présent document. La Figure A.4 représente un exemple de spectre mesuré avec un récepteur de mesure (détecteur AV, largeur de bande de mesure 120 kHz, palier de fréquence 50 kHz) pour un signal généré avec un AWG paramétré comme suit:

- fréquence d'échantillonnage de 150 millions d'échantillons par seconde;
- longueur d'enregistrement de 5 ms (750 000 points);
- résolution verticale de 16 bits;
- largeur de bande du signal d'essai de 5 MHz, 20 MHz, 40 MHz ou 10 MHz.

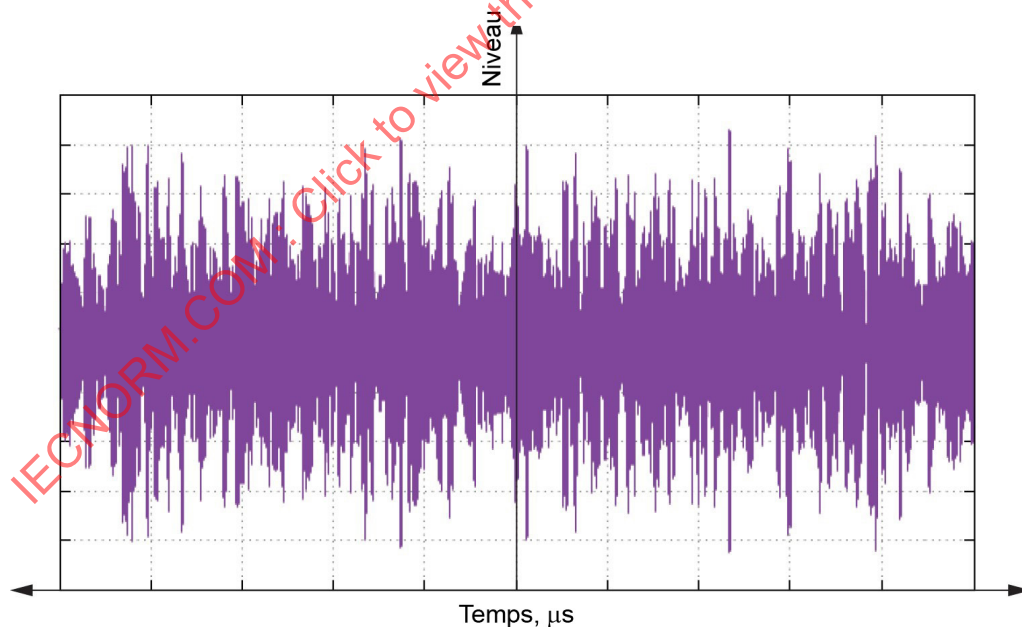


IEC

NOTE L'amplitude est normalisée à une largeur de bande de 1 Hz.

Figure A.4 – Exemple de spectre d'un signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limité (mesuré avec une largeur de bande de 120 kHz)

La Figure A.5 représente un extrait de la sortie dans le domaine temporel.



IEC

Figure A.5 – Extrait du signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée dans le domaine temporel (mesuré avec un oscilloscope)

Il existe une différence par rapport au signal de bruit réel produit physiquement spécifié à l'Article A.2. Dans la mesure où la longueur de la séquence d'échantillonnage est finie, elle doit être 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 en peigne. Le peigne de fréquence correspond à la longueur de la séquence. Avec une longueur de séquence de 5 ms, un peigne avec un intervalle de fréquence de 200 Hz se produit (voir Figure A.6).

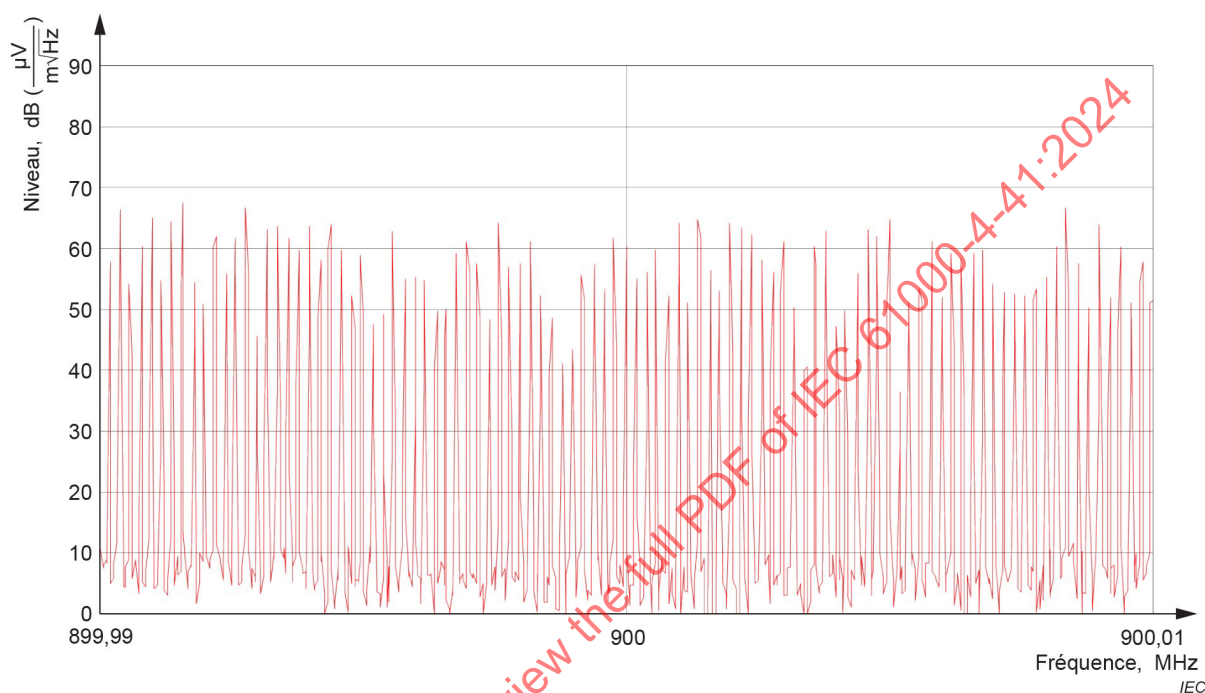


Figure A.6 – Extrait du spectre d'un signal de bruit pseudo-aléatoire à largeur de bande limitée (mesuré avec une largeur de bande de 10 Hz, normalisé à une largeur de bande de 1 Hz)

Annexe B
(informative)

Antennes de génération de champ

Les antennes de génération de champ spécifiées dans l'IEC 61000-4-3:2020, Annexe B, s'appliquent, y compris les paragraphes applicables.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-41:2024

Annexe C (informative)

Signaux 4G et 5G

C.1 Vue d'ensemble de la technologie d'interfaces radioélectriques de la 4G et de la 5G

C.1.1 Généralités

Les télécommunications mobiles internationales (IMT) 2020 (Recommandation UIT-R M.2150-1 et Recommandation UIT-R M.2150-2), connues sous le nom de 5G, ont été élaborées par le 3rd Generation Partnership Project (3GPP) et comprennent la Long-Term Evolution (LTE) et la Nouvelle Radio (NR) à partir de la version 15. Dans la terminologie 3GPP, l'expression "réseau universel évolué d'accès radio terrestre" (EUTRAN) est également utilisée pour désigner l'interface radio LTE. Voir également la Bibliographie qui fournit plus de sources.

La 5G est un ensemble de technologies d'interfaces radioélectriques (RIT) qui comprend EUTRAN/LTE comme l'une des composantes RIT et NR comme l'autre composante RIT. Les deux composantes sont conçues pour fonctionner dans le spectre IMT.

La 5G satisfait à toutes les exigences de performance technique dans les cinq environnements d'essai choisis: point d'accès intérieur; ultra haut débit mobile (eMBB) urbain dense; eMBB rural; eMBB macro urbain; communications ultra-fiables à faible latence (URLLC) en environnement macro urbain; communication massive de type machine (mMTC). De plus, la 5G satisfait aux exigences de service et de spectre. Les deux composantes RIT, NR et EUTRAN/LTE, utilisent les bandes de fréquences au-dessous de 7,125 GHz, y compris les bandes de fréquences identifiées pour les télécommunications mobiles internationales (IMT) dans le Règlement des radiocommunications de l'UIT. De plus, la composante RIT NR peut également utiliser les bandes de fréquences au-dessus de 7,125 GHz (au-dessus de 24,25 GHz), y compris les bandes de fréquences identifiées pour les IMT dans le Règlement des radiocommunications de l'UIT.

L'ensemble complet de normes pour l'interface radioélectrique terrestre IMT-2020 identifiée comme 5G comprend non seulement les caractéristiques clés IMT-2020, mais également les capacités supplémentaires de la 5G, qui continuent les unes comme les autres d'être améliorées.

C.1.2 Vue d'ensemble de la composante RIT: EUTRAN/LTE

La composante RIT EUTRAN/LTE est fondée sur les versions 15 et 16 de LTE; il s'agit de l'évolution des versions précédentes, qui englobe à la fois le duplexage par répartition en fréquence (DRF) et le duplexage par répartition dans le temps (DRT). La RIT EUTRAN/LTE utilise soit 1) un fonctionnement DRF et s'applique donc pour l'exploitation avec spectre appairé, soit 2) un fonctionnement DRT et s'applique donc pour l'exploitation avec spectre non appairé. Les DRF en duplex intégral et en duplex semi-duplex sont pris en charge. L'agrégation des spectres DRT et DRF est prise en charge.

La RIT EUTRAN/LTE peut fonctionner en modes DRF et DRT, comme cela est représenté à la Figure C.1. Même si la structure du domaine temporel est, à presque tous les égards, identique pour le DRF et le DRT, il existe des différences entre les deux modes duplex, notamment la présence d'une sous-trame spéciale dans le cas du DRF. La sous-trame spéciale est utilisée pour fournir le temps de garde nécessaire à la commutation liaison descendante-liaison ascendante.

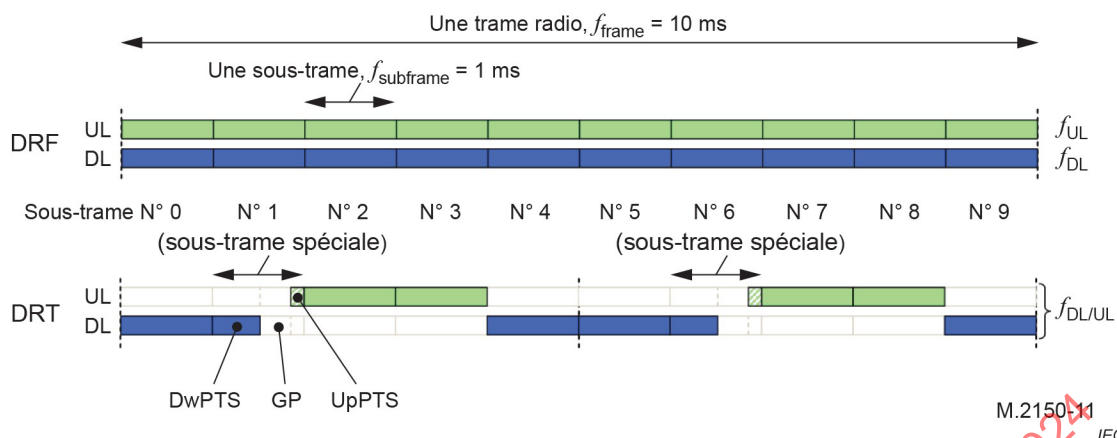


Figure C.1 – Structure temps/fréquence des liaisons ascendante/descendante pour le DRF et le DRT

Pour le fonctionnement DRF (partie supérieure de la Figure C.1), il existe deux fréquences porteuses pour chaque porteuse composante, l'une pour la transmission en liaison ascendante (f_{UL}) et l'autre pour la transmission en liaison descendante (f_{DL}). Au cours de chaque trame, il existe donc dix sous-trames en liaison ascendante et dix sous-trames en liaison descendante, et la transmission en liaison ascendante et en liaison descendante peut se produire simultanément au sein d'une cellule. Le fonctionnement en semi-duplex du côté du matériel utilisateur (UE) est pris en charge par l'ordonnanceur qui assure la réception et la transmission non simultanées à l'UE.

Pour le fonctionnement DRT (partie inférieure de la Figure C.1), il n'y a qu'une seule fréquence porteuse par porteuse composantes et les transmissions en liaison ascendante et en liaison descendante sont toujours séparées dans le temps, également par cellule. Comme cela est représenté à la Figure C.1, certaines sous-trames (UpPTS: Uplink Pilot TimeSlot) sont attribués aux transmissions en liaison ascendante et certaines sous-trames (DwPTS: Downlink Pilot TimeSlot) à la transmission en liaison descendante avec une période de garde (GP) où la commutation entre la liaison descendante et la liaison ascendante se produit dans la sous-trame spéciale. Les DwPTS, GP et UpPTS ont des longueurs particulières configurables pour prendre en charge différents scénarios de déploiement, et une longueur totale de 1 ms.

Différentes asymétries en ce qui concerne le nombre de ressources attribué respectivement à la transmission en liaison ascendante et en liaison descendante sont fournies par l'intermédiaire de sept configurations différentes de liaison descendante/liaison ascendante, comme cela est représenté à la Figure C.2. Lorsque l'agrégation des porteuses est utilisée, la configuration de liaison descendante/liaison ascendante est identique entre les porteuses composantes dans la même bande et peut être identique ou différente entre les porteuses composantes dans différentes bandes.

Les largeurs de bandes de transmission jusqu'à 640 MHz sont prises en charge, ce qui donne des débits de données de crête qui atteignent environ 32 Gbit/s dans la liaison descendante (DL) et 13,6 Gbit/s dans la liaison ascendante (UL).

Le schéma de transmission par liaison descendante repose sur le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) conventionnel afin d'assurer un haut degré de robustesse contre la sélectivité de fréquence de canal tout en permettant des mises en œuvre de récepteurs à faible complexité sur de très importantes largeurs de bande.

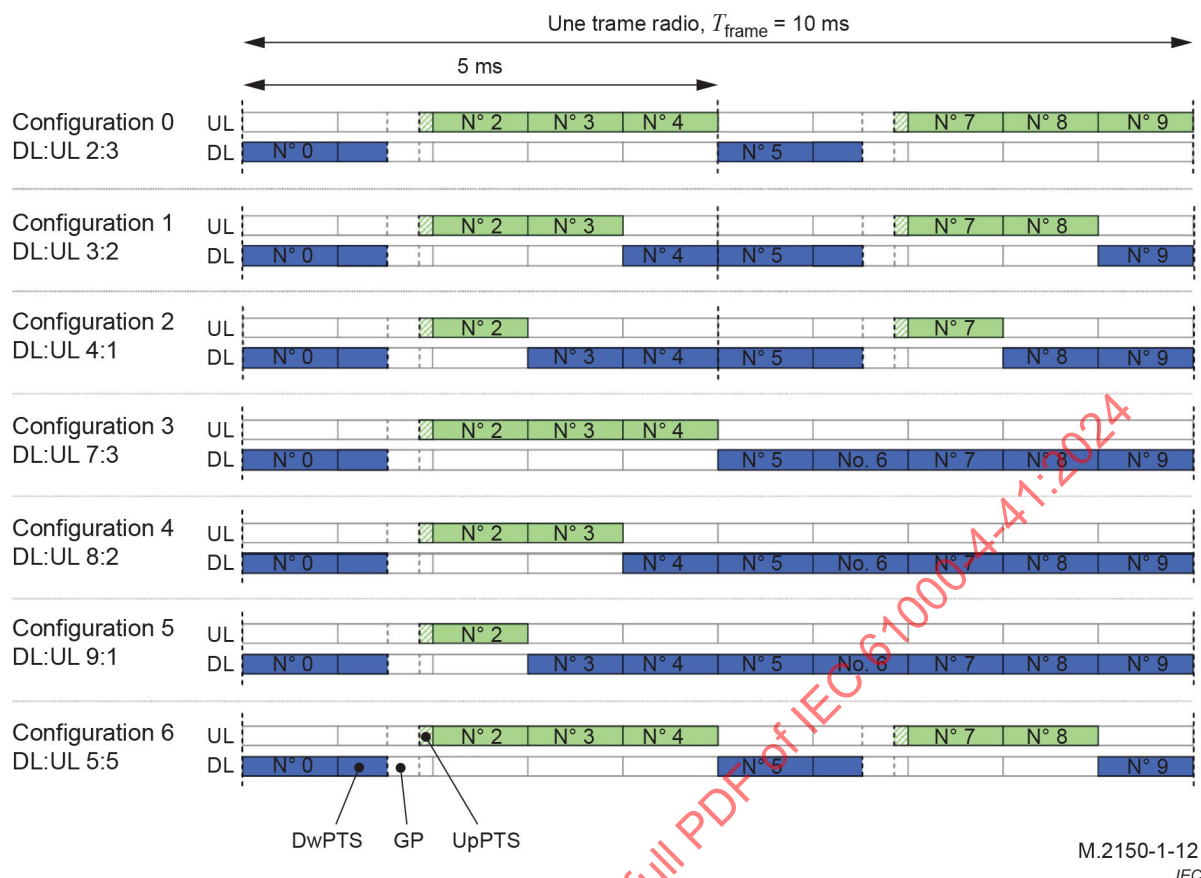


Figure C.2 – Asymétries des liaisons ascendante/descendante prises en charge par la RIT EUTRAN/LTE (DRT)

Le schéma de transmission par liaison ascendante repose sur le MROF à transformée de Fourier discrète (DFTS-OFDM). L'utilisation de ce schéma de transmission pour la liaison ascendante est motivée par le fait que le rapport de la puissance de crête à la puissance moyenne (PAPR) du signal transmis est plus faible que pour le MROF conventionnel. Cela permet une utilisation plus efficace de l'amplificateur de puissance dans l'UE, ce qui se traduit par une couverture accrue ou une consommation d'énergie réduite du terminal, ou les deux. La numérologie de la liaison ascendante (espacement des sous-porteuses et durée des symboles) est alignée sur la numérologie de la liaison descendante. La liaison ascendante de l'Internet des objets à bande étroite (NB-IoT) permet l'attribution d'une tonalité unique en plus du MROF à transformée de Fourier discrète à plusieurs tonalités, avec la possibilité d'un espacement inférieur des sous-porteuses en plus de l'espacement normal de celles-ci.

Le codage de canal est fondé sur un turbo-codage de débit 1/3 et est complété par la technologie HARQ (Hybrid-Automatic Repeat reQuest) avec combinaison souple pour gérer les erreurs de décodage du côté du récepteur.

La modulation des données prend en charge la modulation par déplacement de phase en quadrature (MDPQ), la modulation d'amplitude de quadrature (MAQ) 16, la MAQ 64 et la MAQ 256 à la fois pour la liaison descendante et pour la liaison ascendante. En liaison descendante, la MAQ 1024 est prise en charge. Le NB-IoT prend en charge la MDPQ sur la liaison descendante et la liaison ascendante; en outre, la modulation par déplacement de phase bivalente (MDPB) avec décalage de $\pi/2$ et la modulation par déplacement de phase en quadrature (MDPQ) avec décalage de $\pi/4$ sont prises en charge dans la liaison ascendante lorsqu'une tonalité unique est attribuée. Le codage de canal de la liaison descendante du NB-IoT est fondé sur le code de convolution "tail-biting". Pour la communication de type de machine améliorée (eMTC, *enhanced MachineType Communication*), la MDPB avec décalage de $\pi/2$ est prise en charge lorsque deux tonalités sont attribuées.

La RIT EUTRAN/LTE prend en charge des largeurs de bandes d'environ 1,4 MHz à 640 MHz. Le NB-IoT prend en charge une largeur de bande de 200 kHz. L'agrégation des porteuses, c'est-à-dire la transmission simultanée de plusieurs porteuses composantes en parallèle vers/depuis le même terminal/eNB, est utilisée pour prendre en charge des largeurs de bande supérieures à 20 MHz. Les porteuses composantes n'ont pas à être contigües en fréquence et peuvent même être situées dans différentes bandes de fréquences afin de permettre l'exploitation d'attributions de spectre fragmentées au moyen de l'agrégation de spectres.

L'agrégation des porteuses (CA) prend en charge la fonctionnalité d'agrégation des bandes DRT avec différentes attributions de liaisons ascendantes et descendantes, ainsi que la fonctionnalité de prise en charge de plusieurs avances temporelles. L'agrégation des porteuses prend également en charge l'agrégation des porteuses composantes DRF et DRT. La connectivité double permet d'agréger les porteuses composantes de différentes stations eNB qui sont connectées par une liaison terrestre non idéale.

L'ordonnancement dépendant du canal dans les domaines temporel et fréquentiel est pris en charge pour la liaison descendante et la liaison ascendante, l'ordonnanceur de la station de base étant responsable du choix (dynamique) de la ressource de transmission ainsi que du débit de données. Le fonctionnement de base est l'ordonnancement dynamique, où l'ordonnanceur de la station de base prend une décision pour chaque intervalle de temps de transmission (TTI) de 1 ms, mais un ordonnancement semi-persistant est également possible.

C.1.3 Vue d'ensemble de la composante RIT: NR

La RIT NR comme l'une des composantes RIT représente les versions 15 et 16 de la NR, et utilise soit:

- 1) le fonctionnement DRF et s'applique donc pour l'exploitation avec spectre appairé, soit
- 2) le fonctionnement DRT et s'applique donc pour l'exploitation avec spectre non appairé. Les largeurs de bande des canaux jusqu'à 400 MHz et l'agrégation des porteuses sur 16 porteuses composantes sont prises en charge, ce qui donne des débits de données de crête qui atteignent environ 140 Gbit/s dans la liaison descendante et 65 Gbit/s dans la liaison ascendante.

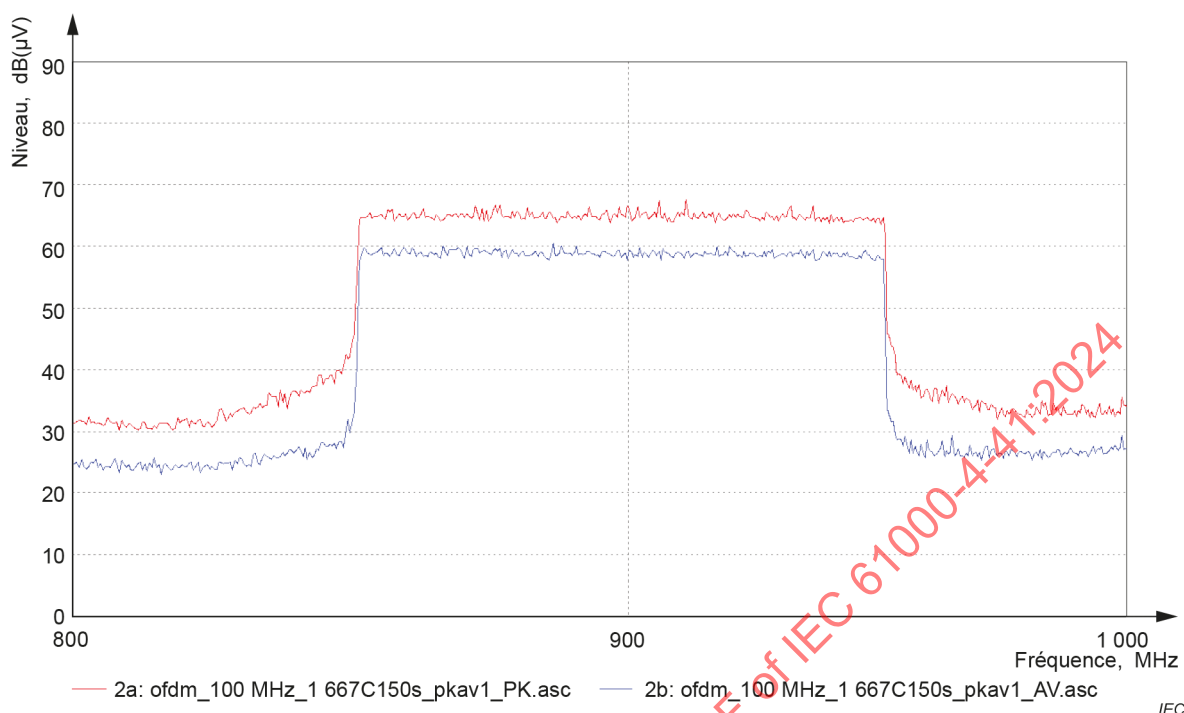
C.2 Simulation du signal 5G

Traditionnellement, la puissance du signal a été considérée comme un danger fondamental dans les essais d'immunité aux rayonnements. De plus, le rapport de montée et de descente de la trame DRT a également été pris en compte. En revanche, le schéma de modulation du signal et la fluctuation du signal à l'intérieur de la largeur de bande du signal d'essai n'ont pas été considérés comme importants.

Dans le présent document, le signal 5G a aussi été simulé du même point de vue technique.

En ce qui concerne la puissance du signal, le cas où le spectre du signal est entièrement utilisé en utilisant tous les blocs de ressources est celui où la puissance est la plus élevée.

La Figure C.3 représente un exemple de spectre mesuré par un analyseur de spectre pour un signal MROF d'une largeur de bande du signal d'essai de 100 MHz produit par un générateur de signaux vectoriels.



Numérologie MROF: largeur de bande de 100 MHz, 1 667 sous-porteuses et 150 symboles

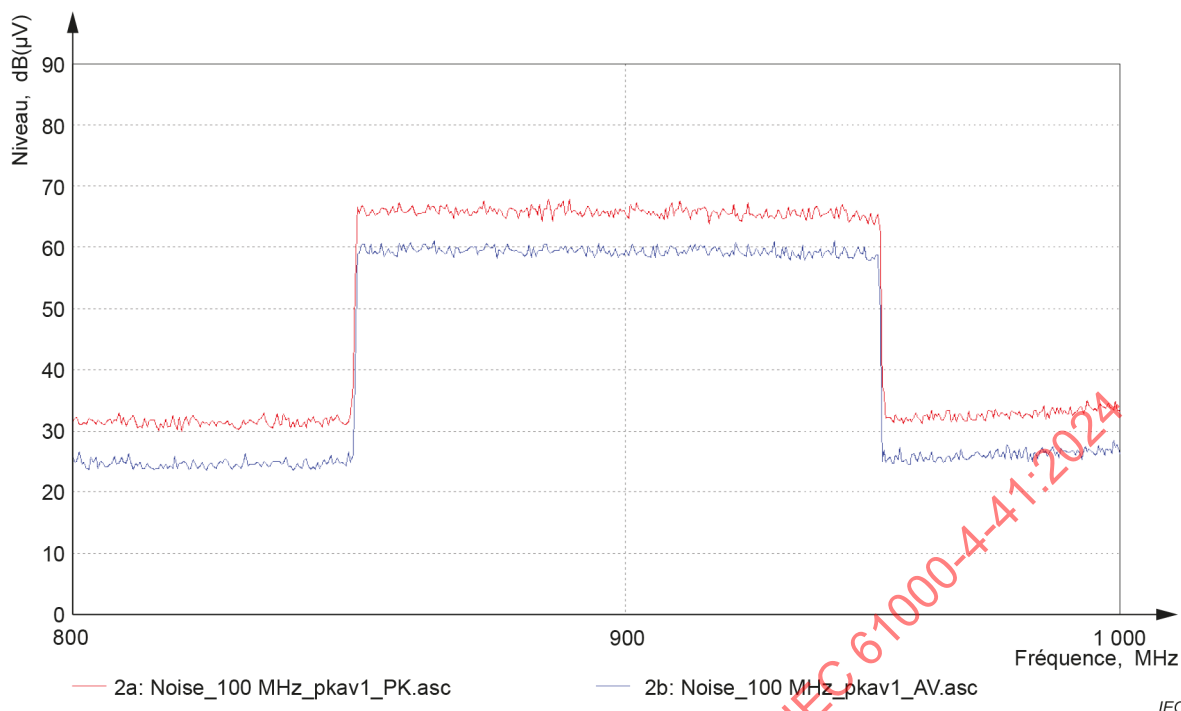
Réglage du générateur: 900 MHz et -20 dBm.

Réglage de l'analyseur de spectre: largeur de bande de résolution de 120 kHz et maintien maximal, détecteur de crête: trait rouge, détecteur moyen: trait bleu

Figure C.3 – Exemple de spectre MROF

Le signal d'essai pour le présent document est modélisé en utilisant un bruit blanc à largeur de bande limitée au lieu du MROF afin d'assurer l'indépendance par rapport aux schémas de modulation, en tant que norme de base. En outre, une modulation impulsionnelle (PM) de 100 Hz avec un rapport cyclique de 50 % est ajoutée à ce modèle pour simuler le schéma DRT 5G.

La Figure C.4 et la Figure C.5 donnent des exemples de spectres du signal d'essai qui utilisent un bruit blanc dans le domaine fréquentiel et dans le domaine temporel. Ce signal avec une largeur de bande de 100 MHz a également été généré en utilisant un générateur de signaux vectoriels, puis mesuré à l'aide d'un analyseur de spectre.

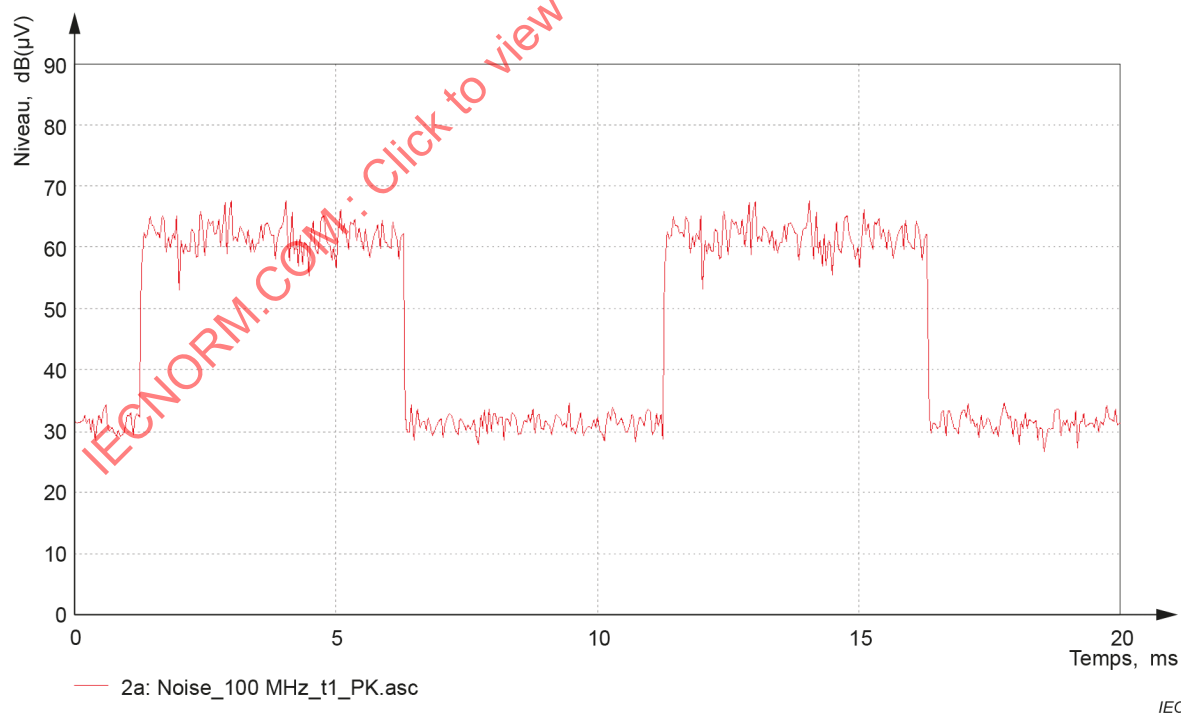


Bruit: largeur de bande de 100 MHz et modulation impulsionnelle de 100 Hz avec un rapport cyclique de 50 %.

Réglage du générateur: 900 MHz et -20 dBm.

Réglage de l'analyseur de spectre: largeur de bande de résolution de 120 kHz et maintien maximal, détecteur de crête: trait rouge, détecteur moyen: trait bleu

Figure C.4 – Exemples d'un spectre du signal d'essai dans le domaine fréquentiel



Bruit: largeur de bande de 100 MHz et modulation impulsionnelle de 100 Hz avec un rapport cyclique de 50 %.

Réglage du générateur: 900 MHz et -20 dBm.

Réglage de l'analyseur de spectre: largeur de bande de résolution de 120 kHz, intervalle zéro à 900 MHz et crête.

Figure C.5 – Exemples d'un spectre du signal d'essai dans le domaine temporel