

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement –
Part 1: General requirements and measuring methods**

**Dispositifs RF et à micro-ondes passifs, mesure du niveau d'intermodulation –
Partie 1: Exigences générales et méthodes de mesure**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. 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 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 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 online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. 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 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.



IEC 62037-1

Edition 2.0 2021-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement –
Part 1: General requirements and measuring methods**

**Dispositifs RF et à micro-ondes passifs, mesure du niveau d'intermodulation –
Partie 1: Exigences générales et méthodes de mesure**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.040.20

ISBN 978-2-8322-5089-1

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

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions and abbreviated terms	5
3.1 Terms and definitions.....	5
3.2 Abbreviated terms.....	5
4 Characteristics of intermodulation products	6
5 Principle of test procedure	6
6 Test set-up.....	6
6.1 General.....	6
6.2 Test equipment.....	7
6.2.1 General	7
6.2.2 Set-up 1	7
6.2.3 Set-up 2	8
7 Preparation of DUT and test equipment.....	8
7.1 General.....	8
7.2 Guidelines for minimizing generation of passive intermodulation.....	8
8 Test procedure	9
9 Reporting.....	10
9.1 Results	10
9.2 Example of results	10
10 Measurement error	10
Annex A (informative) Configuration of low-PIM termination.....	13
A.1 General.....	13
A.2 Configuration of low-PIM terminations.....	13
A.2.1 Long cable termination	13
A.2.2 Lumped termination with a linear attenuator	13
Annex B (informative) Test procedure considerations	15
B.1 PIM variation versus frequency	15
B.2 Stepped frequency sweep method	15
B.3 Fixed frequency method.....	15
B.4 Dynamic PIM testing	15
B.5 Heating effects.....	15
Figure 1 – Set-up 1: reverse IM-test set-up	11
Figure 2 – Set-up 2: forward IM-test set-up	11
Figure 3 – Passive intermodulation (PIM) measurement error caused by residual system error	12
Figure A.1 – Long cable termination.....	13
Figure A.2 – Lumped termination with a linear attenuator.....	14
Table 1 – Guide for the design, selection of materials and handling of components that can be susceptible to PIM generation.....	9
Table 2 – Test set-up conditions	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PASSIVE RF AND MICROWAVE DEVICES,
INTERMODULATION LEVEL MEASUREMENT –****Part 1: General requirements and measuring methods****FOREWORD**

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

IEC 62037-1 has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) clarification added that test equipment may utilize pulsed generators to reduce power consumption;
- b) heating effect differences in the device under test noted in Annex B for tests conducted using pulsed generators;
- c) guidance added in Annex B to improve probability of detection of short duration PIM events while dynamic testing.

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

Draft	Report on voting
46/834/FDIS	46/855/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/standardsdev/publications.

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 62037 (all parts).

A list of all the parts in the IEC 62037 series, published under the general title *Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement*, 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,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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

PASSIVE RF AND MICROWAVE DEVICES, INTERMODULATION LEVEL MEASUREMENT –

Part 1: General requirements and measuring methods

1 Scope

This part of IEC 62037 deals with the general requirements and measuring methods for intermodulation (IM) level measurement of passive RF and microwave components, which can be caused by the presence of two or more transmitting signals.

The test procedures given in this document give the general requirements and measurement methods required to characterize the level of unwanted IM signals using two transmitting signals.

The IEC 62037 series addresses the measurement of PIM, but does not cover the long-term reliability of a product with reference to its performance.

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 62037 (all parts), *Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

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

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

3.2 Abbreviated terms

CATV	Community antenna television
CFEC	Carbon fibre epoxy composite
CW	Continuous wave
DUT	Device under test
IM	Intermodulation
PCB	Printed circuit board
PIM	Passive intermodulation
RBW	Resolution bandwidth
VDA	Vacuum deposited aluminium

4 Characteristics of intermodulation products

PIM interference is caused by sources of non-linearity of mostly unknown nature, location and behaviour. A few examples are inter-metallic contacts, choice of materials, corrosion products, dirt, etc. Most of these effects are subject to changes over time due to mechanical stress, temperature changes, variations in material characteristics (cold flow, etc.) and climatic changes.

The generation of intermodulation products originates from point sources inside a DUT and propagates equally in all available directions.

The generation of passive intermodulation (PIM) products does not necessarily follow the law of the usual non-linear equation of quadratic form. Therefore, accurate calculation to other power levels causing the intermodulation is not possible and PIM comparisons should be made at the same power level.

Furthermore, PIM generation can be frequency dependent. When PIM generation is frequency dependent, the PIM performance shall be investigated over the specified frequency band.

5 Principle of test procedure

Test signals of frequencies f_1 and f_2 with equal specified test port power levels are combined and fed to the DUT. The test signals should contain a harmonic or self-intermodulation signal level at least 10 dB lower than the expected level generated in the DUT.

The PIM is measured over the specified frequency range. The intermodulation products of order $(2f_1 \pm f_2)$, $(2f_2 \pm f_1)$, etc., are measured.

In most cases, the third order intermodulation signals represent the worst-case condition of unwanted signals generated; therefore, the measurement of these signals characterizes the DUT in a sufficient way. However, the test set-ups given in Clause 6 are suitable for measuring other intermodulation products.

In other systems (such as CATV), the third order may not be as applicable in characterizing the DUT.

Intermodulation can be measured in the reverse and forward direction. Reverse and forward refer to the direction of propagation of the most powerful carrier.

6 Test set-up

6.1 General

Experience shows that the generation of intermodulation products originates from point sources inside a device under test (DUT) and propagates equally in all available directions. Therefore, either the reverse (reflected) or the forward (transmitted) intermodulation signal can be measured.

Two different test set-ups are described in Figure 1 and Figure 2 and are for reference only. Other topologies are possible.

Set-up 1 is for measuring the reverse (reflected) intermodulation signal only, and set-up 2 is for measuring the forward (transmitted) intermodulation signal. The measurement method (reverse or forward) is dependent upon the DUT. The set-ups may be assembled from standard microwave or radio link hardware selected for this particular application. All components shall be checked for lowest self-intermodulation generation.

Experience shows that devices containing magnetic materials (circulators, isolators, etc.) can be prominent sources of intermodulation signal generation.

See Annex B for additional set-up considerations.

6.2 Test equipment

6.2.1 General

Two signal sources or signal generators with power amplifiers are required to reach the specified test port power. The combining and diplexing device can comprise a circulator, hybrid junction, coupler or filter network.

The test set-up self-intermodulation generated (including contribution of the load) should be at least 10 dB below the level to be measured on the DUT. The associated error may be obtained from the graph in Figure 3.

The DUT shall be terminated by a load for the specified power if necessary. The receiving bandpass filter, tuned for the desired intermodulation signal, is followed by a low noise amplifier (if required) and a receiver.

See Annex B for additional set-up considerations.

6.2.2 Set-up 1

This set-up is for measuring the reverse (reflected) IM-product and is therefore suitable for one-port and multi-port DUTs. On multi-port DUTs, the unused ports shall be connected to a linear termination. See Annex A for information on low PIM terminations.

a) Generators

The generators shall provide continuous wave (CW) signals of the specified test port power. They shall have sufficient frequency stability to ensure that the IM-product can be detected properly by the receiver. The generators may be pulsed on and off while testing to reduce power consumption.

Some limitations apply when using pulsed generators. See Annex B for test procedure considerations when using equipment with pulsed generators.

b) Transmit-filters

The filters are bandpass filters tuned to the particular frequencies. They isolate the generators from each other and filter out the harmonics of f_1 and f_2 .

c) Combining and diplexing device

This device is used for combining the signals f_1 and f_2 , delivering them to the test port and provides a port for the extraction of the reverse (reflected) signal f_{IM} .

d) Receive-filter

This filter is used for isolating the input of the receiver from the signals f_1 and f_2 to the extent that IM-products are not generated within the receiver.

e) Test port

The DUT is connected to P4. The specified input power shall be at the DUT, with any set-up loss between the receiver and the DUT compensated for.

f) Termination

When a multi-port DUT is measured, the DUT shall be connected to a sufficiently linear termination (low intermodulation) of suitable power handling capability.

g) Receiver

The receiver shall be sensitive enough to detect a signal of the expected power level.

The receiver response time shall be sufficiently short to allow acquisition of rapid changes in amplitude. Sensitivity can be increased by a low noise preamplifier. Frequency stability shall be sufficient for the proper detection of the IM-signal.

When the PIM measurement result is close to the thermal noise floor of the receiver, the receiver sensitivity can be improved by reducing the resolution bandwidth (RBW). Furthermore, by using the averaging mode rather than the max-hold mode, a further improvement can be achieved, since the max-hold mode essentially measures the maximum thermal noise peak, while the averaging mode results in a measurement that is closer to the RMS value.

6.2.3 Set-up 2

This set-up is for measuring the forward (transmitted) IM-product and is therefore suitable only for two- or multi-port DUTs.

All components are the same as those of set-up 1, except for those as noted below:

a) Combining and diplexing device

The extraction-port P3 on this device shall be terminated to prevent reflection of the IM-signals.

b) Diplexing device

The signals f_1 , f_2 and f_{IM} are split to P6 and P7. This device, together with an additional receive-filter, is used for the extraction of the intermodulation signals.

7 Preparation of DUT and test equipment

7.1 General

The DUT and test equipment shall be carefully checked for proper power handling range, frequency range, cleanliness and correct interconnection dimensions. All connector interfaces shall be tightened to the applicable IEC specification or, if none exists, to the manufacturer's recommended specification.

See Annex B for additional set-up considerations.

7.2 Guidelines for minimizing generation of passive intermodulation

The following guidelines and Table 1 should be considered and adhered to wherever possible.

- a) Non-linear materials should not be used in or near the current paths.
- b) Current densities should be minimized in the conduction paths (e.g. Tx channel), by using larger conductors.
- c) Minimize metallic junctions, avoid loose contacts and rotating joints.
- d) Minimize the exposure of loose contacts, rough surfaces and sharp edges to RF power.
- e) Keep thermal variations to a minimum, as the expansion and contraction of metals can create non-linear contacts.
- f) Use brazed, soldered or welded joints if possible, but ensure these joints are good and have no non-linear materials, cracks, contamination or corrosion.
- g) Avoid having tuning screws or moving parts in the high current paths; if necessary, ensure all joints are tight and clean, and preferably, free from vibration.
- h) Cable lengths in general should be minimized and the use of high quality, low-IM cable is essential.

- i) Minimize the use of non-linear components such as high-PIM loads, circulators, isolators and semiconductor devices.
- j) Achieve good isolation between the high-power transmit signals and the low power receive signals by filtering and physical separation.

Table 1 – Guide for the design, selection of materials and handling of components that can be susceptible to PIM generation

Part, material or procedure	Recommendations
Interfaces	Minimize the total number.
Connectors	Minimize the number of connectors used. Use high quality, low-PIM connectors mated with proper torque.
Inter-metallic connections	Each inter-metallic connection should be evaluated in terms of criticality for the total PIM level. Methods of controlling the performance are high contact pressure, insulation, soldering, brazing, etc.
Ferromagnetic materials	Not recommended (non-linear).
Non-magnetic stainless steel	Not recommended (contains iron).
Circulators, isolators and other ferrite devices	Not recommended.
Sharp edges	Avoid if it results in high current density.
Terminations or attenuators	Should be evaluated before use.
Hermetic seals / gaskets	Evaluate before use and avoid ferromagnetic materials.
Printed circuit boards (PCBs)	Materials, processes and design should all be considered and evaluated. Use low-PIM materials; be careful with material impurities, contamination and etching residuals. The copper trace should be finished to prevent corrosion.
Dissimilar metals	Not recommended (risk of galvanic corrosion).
Dielectric material	Use clean, high quality material. Ensure it does not contain electrically conductive particles.
Machined dielectric materials	Use clean non-contaminated tools for machining.
Welded, soldered or brazed joints	Well executed and thoroughly cleaned, they provide satisfactory results. Shall be carefully inspected.
Carbon fibre epoxy composite (CFEC)	Generally acceptable for use in reflector and support structures, provided the fibres are not damaged. Should be evaluated if high flux density (e.g. > 10 mW /cm ²) is expected.
Standard multilayer thermal blankets made of vacuum deposited aluminium (VDA) on biaxially-oriented polyethylene terephthalate film or polyimide film	Special design required.
Cleanliness	Maintain clean and dry surfaces.
Plating	The thickness of the plating should be at least three times greater than the skin depth of the wave resulting from the skin effect at the lowest relevant frequency.

8 Test procedure

Table 2 gives certain conditions for test set-up 1 and test set-up 2.

Table 2 – Test set-up conditions

Test set-up 1	Test set-up 2
The set-up shall be verified for correct signal levels applied to the DUT. For mobile communication systems, it is generally recommended to use 2 × 20 W (43 dBm) at the test port of the DUT, unless otherwise specified. Other systems can require different power levels (higher or lower). See Annex B for heating effect considerations.	
The minimum number of test frequencies and/or frequency spacing shall be specified.	
For lowest measurement uncertainty, the receiver shall be calibrated at the expected IM-level with a calibrated signal-source as indicated in Figure 1 and Figure 2.	
The termination shall be connected directly to the test port P4 and the self-intermodulation level of the set-up recorded.	P5 of the diplexing device shall be connected directly to P4 of the combining and summing device and the self-intermodulation level of the set-up recorded.
For low measurement uncertainties, the level of self-intermodulation should be at least 10 dB below the specified value for the DUT.	
Test the DUT as given in the specific set-up and procedure in the appropriate test set-up.	
An additional mechanical shock test may be carried out during the test sequence.	

9 Reporting

9.1 Results

The input power at individual frequencies should be specified. The values of f_1 and f_2 should be specified.

The PIM level and frequency should be specified.

9.2 Example of results

The result is expressed as an absolute magnitude in dBm or relative magnitude in dBc, referenced to the power of a single carrier.

The relationship between a measured IM₃ value of –120 dBm can be converted to dBc as follows:

EXAMPLE:

$$f_1 = 936 \text{ MHz}, f_2 = 958 \text{ MHz}, f_{\text{IM}_3} = 914 \text{ MHz}$$

$$P(f_1) = P(f_2) = 20 \text{ W (+43 dBm)} \quad \text{IM}_3 = -163 \text{ dBc (-120 dBm)}$$

10 Measurement error

The measurement uncertainty can be calculated by the following formula:

$$RSS = \sqrt{(\delta A)^2 + (\delta P_m)^2 + (\delta P_g)^2 + (\delta D)^2}$$

where

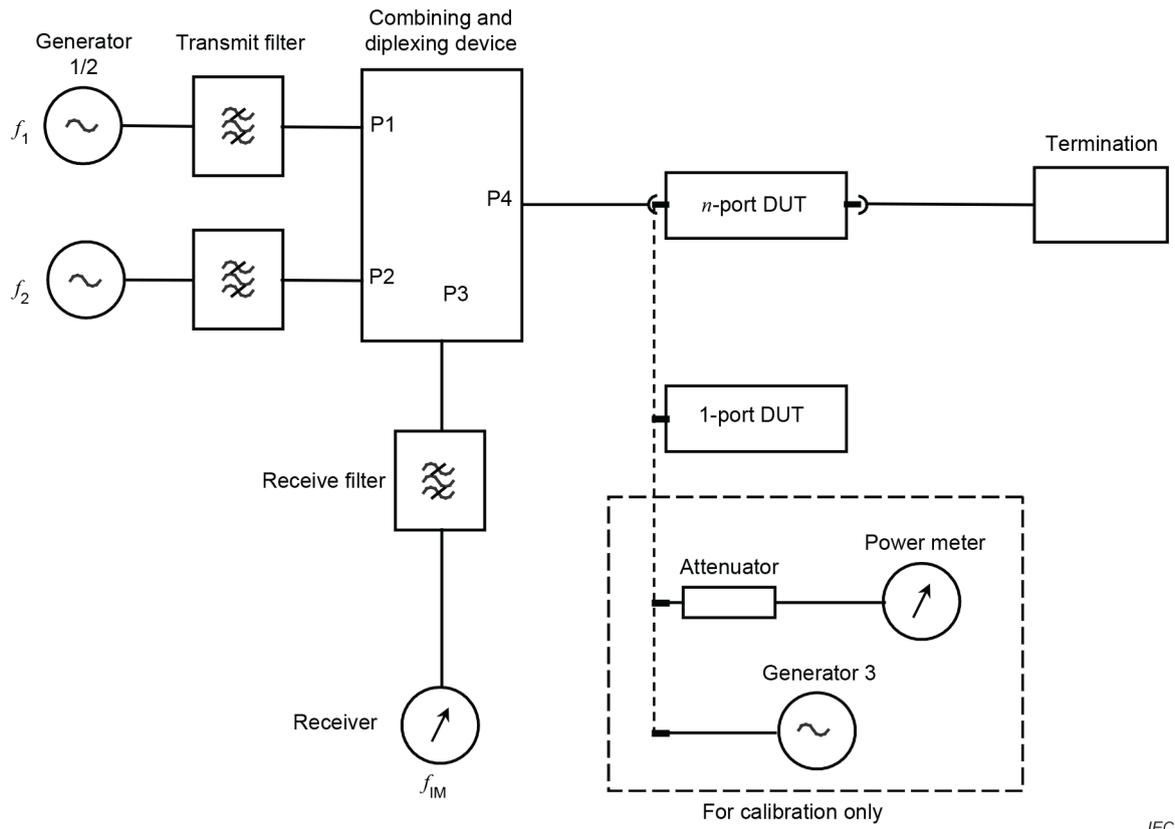
δA is the uncertainty of the attenuator;

δP_m is the uncertainty of the power meter;

δP_g is the uncertainty of the generator 3;

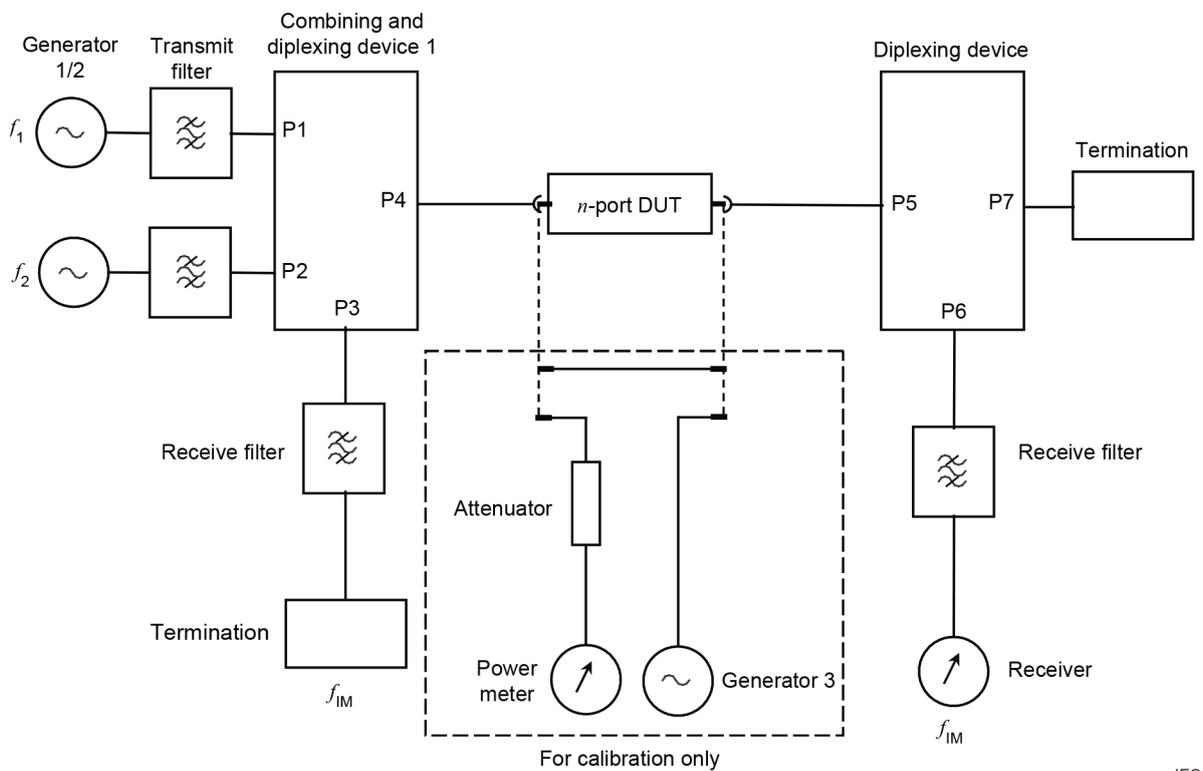
δD is the uncertainty due to the difference between self-intermodulation of the test bench and intermodulation of the DUT (taken from Figure 3).

Mismatch errors are not included in the given formula.



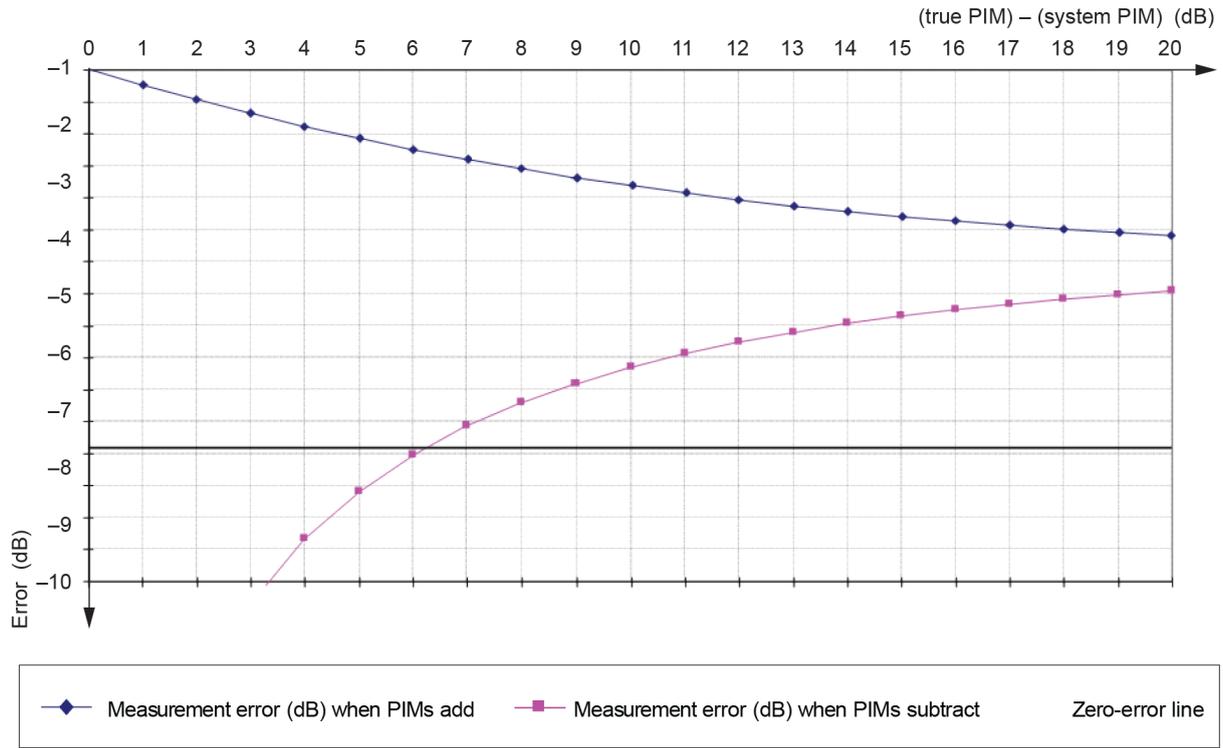
IEC

Figure 1 – Set-up 1: reverse IM-test set-up



IEC

Figure 2 – Set-up 2: forward IM-test set-up



IEC

Figure 3 – Passive intermodulation (PIM) measurement error caused by residual system error

Annex A (informative)

Configuration of low-PIM termination

A.1 General

Annex A provides information on low-PIM terminations.

A.2 Configuration of low-PIM terminations

A.2.1 Long cable termination

High-PIM terminations can often consist of resistive materials. Therefore, long coaxial cables are used as a low-PIM termination (see Figure A.1). The following guidelines are in no particular order of significance but should be considered and adhered to wherever possible.

- a) Avoid braided cables. Cables with a single centre conductor should be used. Semi-rigid cables would be a good choice from the practical viewpoint.
- b) Avoid using cables with high-PIM materials and high-PIM plating. Plating with silver and tin would be a good choice. Plating should be sufficiently thicker than the skin depth at the lowest fundamental frequency.
- c) A seamless cable configuration is the best for terminations because minimizing cable-connection is essential to achieve low-PIM. When the termination is composed of several short cables, the longest one should be used at the nearest side to the DUT.
- d) Choose the cable with sufficient power-handling capability.
- e) Choose the cable length sufficient for power absorption at the lowest fundamental frequency considering the isolation performance between the receive signals and transmit signals.
- f) Use a connector with low-PIM characteristics.

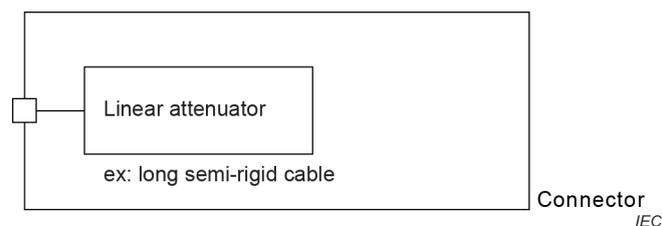


Figure A.1 – Long cable termination

A.2.2 Lumped termination with a linear attenuator

A low-PIM cable can be considered as a linear attenuator. The combination of the linear attenuator and a high-PIM lumped load as shown in Figure A.2 may be used as a low-PIM termination. The following procedure is presented for designing a low-PIM termination.

- a) Measure the PIM characteristics of the lumped termination as a function of the fundamental power and determine the PIM-increase ratio X [dB].
- b) Determine the required attenuation of the linear attenuator X_c [dB] using the formula:

$$Y_{\text{term}} = Y_{\text{RDL}} - (X + 1)X_c$$

- c) Design the required length of the cable for the linear attenuator using the following formula:

$$X_c = \alpha \times l_m$$

where

Y_{RDL} is the PIM of the lumped termination for P_{in} , in dBm;

Y_{term} is the PIM level required for the low-PIM termination in dBm;

X is the PIM increase against the 1 dB increase of each input tone, in dB;

X_c is the attenuation of the linear attenuator, in dB;

α is the attenuation ratio of the cable, in dB/m;

l_m is the cable length, in m.

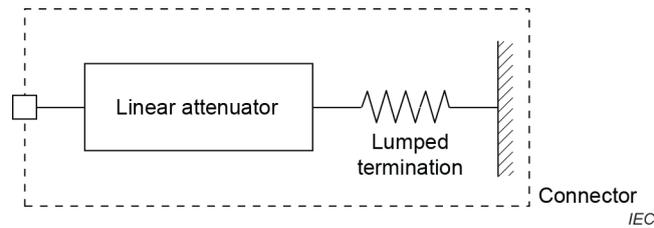


Figure A.2 – Lumped termination with a linear attenuator

Annex B (informative)

Test procedure considerations

B.1 PIM variation versus frequency

Due to the phase interaction of the connectors and the length of the transmission line when measured in the reverse (reflected) mode, the frequency at which maximum PIM occurs within the band can vary. The following methods may be used to determine maximum PIM.

B.2 Stepped frequency sweep method

An accepted method of sweeping is to fix f_1 at the low end of the transmit band and step f_1 down, starting at the top of the band for all combination of frequencies that result in IM in the receive band. If desired, this procedure can be reversed by fixing f_2 at the highest frequency in the transmit band and then stepping f_1 up, starting at the bottom of the band.

B.3 Fixed frequency method

Assemblies of varying lengths can be made to ensure that the PIM adds in phase. Assemble two additional DUTs. The first one is to be $\lambda/6$ longer and the second one is to be $\lambda/3$ longer at the receive frequency of test. The PIM of the three assemblies is measured to determine which DUT exhibits maximum PIM.

A multiple fixed frequency may be used in lieu of varying the cable length.

B.4 Dynamic PIM testing

A fixed frequency, non-pulsed PIM test equipment provides the highest probability of detection of short duration PIM events when performing dynamic tests. Multiple dynamic impacts are recommended when using pulsed PIM test equipment or when sweeping the test generators to improve the probability of PIM event detection.

B.5 Heating effects

The magnitude of PIM generated by a PIM source can change as the temperature of the DUT changes. The PIM magnitude can increase or can decrease depending on the physical characteristic of the PIM source. Utilizing non-pulsed PIM analyzers, implementing longer test durations and testing at higher power levels will impart higher average power into the DUT and can more accurately simulate heating effects in high-power mobile communications systems.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
1 Domaine d'application	19
2 Références normatives	19
3 Termes, définitions et termes abrégés	19
3.1 Termes et définitions	19
3.2 Termes abrégés	19
4 Caractéristiques des produits d'intermodulation	20
5 Principe de procédure d'essai	20
6 Montage d'essai	20
6.1 Généralités	20
6.2 Équipement d'essai	21
6.2.1 Généralités	21
6.2.2 Montage 1	21
6.2.3 Montage 2	22
7 Préparation du dispositif en essai et du matériel d'essai	22
7.1 Généralités	22
7.2 Lignes directrices pour la réduction de la création d'intermodulation passive	22
8 Procédure d'essai	24
9 Rapport	24
9.1 Résultats	24
9.2 Exemple de résultats	24
10 Erreur de mesure	25
Annexe A (informative) Configuration d'une terminaison de faible intermodulation passive	27
A.1 Généralités	27
A.2 Configuration de terminaisons de faible intermodulation passive	27
A.2.1 Terminaison de câble long	27
A.2.2 Terminaison localisée avec un atténuateur linéaire	28
Annexe B (informative) Considérations relatives à la procédure d'essai	29
B.1 Variation de l'intermodulation passive en fonction de la fréquence	29
B.2 Méthode du balayage en fréquence échelonné	29
B.3 Méthode de la fréquence fixe	29
B.4 Essais dynamiques d'intermodulation passive	29
B.5 Effets de la chaleur	29
Figure 1 – Montage 1: montage d'essai de l'intermodulation inverse	25
Figure 2 – Montage 2: montage d'essai de l'intermodulation direct	26
Figure 3 – Erreur de mesure de l'intermodulation passive (PIM) provoquée par une erreur du système résiduel	26
Figure A.1 – Terminaison de câble long	27
Figure A.2 – Terminaison localisée avec un atténuateur linéaire	28
Tableau 1 – Guide pour la conception, la sélection de matériaux et la manipulation de composants pouvant être susceptibles de générer une intermodulation passive	23
Tableau 2 – Conditions pour les montages d'essai	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS RF ET À MICRO-ONDES PASSIFS, MESURE DU NIVEAU D'INTERMODULATION –

Partie 1: Exigences générales et méthodes de mesure

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 62037-1 a été établie par le comité d'études 46 de l'IEC: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) ajout d'une clarification au fait que le matériel d'essai peut utiliser des générateurs à impulsions pour réduire la consommation de puissance;
- b) description des différences d'effet de chauffage sur le dispositif en essai à l'Annexe B dans les essais réalisés avec des générateurs à impulsions;
- c) ajout de recommandations à l'Annexe B pour améliorer la probabilité de détection d'événements d'intermodulation passive de courte durée lors des essais dynamiques.

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

Projet	Rapport de vote
46/834/FDIS	46/855/RVD

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

La langue utilisée pour l'élaboration de la présente Norme internationale est l'anglais.

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/standardsdev/publications.

La présente Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 62037 (toutes les parties).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62037, publiées sous le titre général *Dispositifs RF et à micro-ondes passifs, mesure du niveau d'intermodulation*, est disponible 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,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

DISPOSITIFS RF ET À MICRO-ONDES PASSIFS, MESURE DU NIVEAU D'INTERMODULATION –

Partie 1: Exigences générales et méthodes de mesure

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62037 est applicable aux exigences générales et aux méthodes de mesure du niveau d'intermodulation (IM) des composants RF et à micro-ondes passifs, qui peut être provoquée par la présence de deux ou plusieurs signaux d'émission.

Les procédures d'essai présentées dans le présent document donnent les exigences générales et les méthodes de mesure exigées pour caractériser le niveau des signaux d'intermodulation indésirables à l'aide de deux signaux d'émission.

La série IEC 62037 porte sur la mesure de l'intermodulation passive (PIM), mais ne couvre pas la fiabilité à long terme des produits par rapport à ses performances.

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 62037 (toutes les parties), *Dispositifs RF et à micro-ondes passifs, mesure du niveau d'intermodulation*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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

3.2 Termes abrégés

CATV	Community antenna television (antenne communautaire)
CFEC	Carbon fibre epoxy composite (composite époxy en fibres de carbone)
CW	Continuous wave (onde entretenue)
DUT	Device under test (dispositif en essai)
IM	Intermodulation
PCB	Printed circuit board (carte à circuit imprimé)
PIM	Passive intermodulation (intermodulation passive)
RBW	Resolution bandwidth (largeur de bande de résolution)
VDA	Vacuum deposited aluminium (aluminium déposé sous vide)

4 Caractéristiques des produits d'intermodulation

Les perturbations dues à l'intermodulation passive sont provoquées par des sources de non-linéarité de nature, d'emplacement et de comportement le plus souvent inconnus, par exemple les contacts intermétalliques, le choix des matériaux, les produits corrosifs, la saleté, etc. La plupart de ces effets sont sujets à des modifications dans le temps du fait de contraintes mécaniques, de variations de température, de modifications des caractéristiques des matériaux (fluage à froid, etc.), de variations climatiques, etc.

La génération de produits d'intermodulation provient de sources ponctuelles situées à l'intérieur d'un dispositif en essai, et ces produits se propagent de façon uniforme dans toutes les directions disponibles.

La génération de produits d'intermodulation passive (PIM) ne suit pas nécessairement la loi de l'équation non linéaire habituelle de forme quadratique. De ce fait, un calcul précis à d'autres niveaux de puissance provoquant l'intermodulation n'est pas possible, et il convient d'effectuer des comparaisons de l'intermodulation passive au même niveau de puissance.

De plus, la génération de l'intermodulation passive peut dépendre de la fréquence. Lorsque la génération de l'intermodulation passive dépend de la fréquence, la performance de l'intermodulation passive doit être examinée sur la bande de fréquences spécifiée.

5 Principe de procédure d'essai

Les signaux d'essai de fréquences f_1 et f_2 à des niveaux de puissance au niveau du port d'essai spécifiés égaux sont combinés et délivrés au dispositif en essai. Il convient que les signaux d'essai contiennent au moins un niveau de signal d'auto-intermodulation ou d'harmonique de 10 dB inférieur au niveau prévu généré dans le dispositif en essai.

L'intermodulation passive est mesurée sur la plage de fréquences spécifiée. Les produits d'intermodulation d'ordre $(2f_1 \pm f_2)$, $(2f_2 \pm f_1)$ etc., sont mesurés.

Dans la plupart des cas, les signaux d'intermodulation de troisième ordre représentent la condition la plus défavorable des signaux indésirables générés; de ce fait, la mesure de ces signaux caractérise le dispositif en essai de manière suffisante. Cependant, les montages d'essai présentés à l'Article 6 sont adaptés aux mesures d'autres produits d'intermodulation.

Dans d'autres systèmes (tels que CATV), le 3^e ordre peut ne pas être approprié dans la caractérisation du dispositif en essai.

L'intermodulation peut être mesurée dans le sens inverse et dans le sens direct. Le sens inverse et le sens direct font référence au sens de propagation de la porteuse la plus puissante.

6 Montage d'essai

6.1 Généralités

L'expérience montre que la génération de produits d'intermodulation provient de sources ponctuelles situées à l'intérieur d'un dispositif en essai (DUT), et que ces produits se propagent de façon uniforme dans toutes les directions disponibles. Par conséquent, il est possible de mesurer le signal d'intermodulation, soit inverse (réfléchi), soit direct (émis).

Deux différents montages d'essai sont décrits à la Figure 1 et à la Figure 2, et servent uniquement de référence. D'autres topologies sont possibles.

Le montage 1 a pour but de mesurer uniquement le signal d'intermodulation inverse (réfléchi), et le montage 2 a pour but de mesurer le signal d'intermodulation direct (émis). La méthode de mesure (inverse ou directe) dépend du dispositif en essai. Les montages peuvent être assemblés à partir d'un matériel normalisé pour une liaison radioélectrique ou pour un faisceau hertzien sélectionné pour cette application spécifique. Tous les composants doivent faire l'objet d'une vérification ayant trait à la génération d'auto-intermodulation la plus faible.

L'expérience prouve que les dispositifs contenant des matériaux magnétiques (circulateurs, isolateurs, etc.) peuvent être des sources prédominantes de génération de signaux d'intermodulation.

L'Annexe B donne des considérations de montage supplémentaires.

6.2 Équipement d'essai

6.2.1 Généralités

Deux sources de signaux ou générateurs de signaux à amplificateurs de puissance sont exigées pour atteindre la puissance d'essai spécifiée au niveau du port. Le dispositif mélangeur et diplexeur peut comprendre un circulateur, une jonction hybride, un coupleur ou un réseau de filtres.

Il convient que l'auto-intermodulation générée par le montage d'essai (y compris la contribution de la charge) soit d'au moins 10 dB en dessous du niveau à mesurer sur le dispositif en essai. L'erreur associée peut être obtenue à partir du graphique de la Figure 3.

Le dispositif en essai doit être terminé par une charge pour la puissance spécifiée, si nécessaire. Le filtre passe-bande de réception, accordé pour le signal d'intermodulation désiré, est suivi par un amplificateur de faible bruit (si cela est exigé) et un récepteur.

L'Annexe B donne des considérations de montage supplémentaires.

6.2.2 Montage 1

Ce montage sert à mesurer le produit d'intermodulation inverse (réfléchi) et il est, de ce fait, adapté pour des dispositifs en essai à un port et à plusieurs ports. Sur les dispositifs en essai à plusieurs ports, les ports non utilisés doivent être connectés à une terminaison linéaire. Voir l'Annexe A pour des informations sur des terminaisons de faible intermodulation passive.

a) Générateurs

Les générateurs doivent fournir des signaux à onde entretenue (CW) de la puissance d'essai spécifiée au niveau du port. Ils doivent avoir une stabilité de fréquence suffisante pour s'assurer que le produit d'intermodulation peut être correctement détecté par le récepteur. Les générateurs à impulsions peuvent être activés et désactivés pendant les essais pour réduire la consommation de puissance.

Certaines limitations s'appliquent lorsque des générateurs à impulsions sont utilisés. L'Annexe B donne des considérations sur les procédures d'essai lorsqu'un équipement est utilisé avec un générateur à impulsions.

b) Filtres émetteurs

Les filtres sont des filtres passe-bande accordés sur des fréquences particulières. Ils isolent entre eux les générateurs et séparent par filtration les harmoniques de f_1 et f_2 .

c) Dispositif mélangeur et diplexeur

Ce dispositif est utilisé pour combiner les signaux f_1 et f_2 , en les délivrant au port d'essai, et il fournit un port pour l'extraction du signal inverse (réfléchi) f_{IM} .

d) Filtre récepteur

Ce filtre est utilisé pour isoler l'entrée du récepteur des signaux f_1 et f_2 dans la mesure où les produits d'intermodulation ne sont pas générés dans le récepteur.

e) Port d'essai

Le dispositif en essai est connecté à P4. La puissance d'entrée spécifiée doit être disponible au niveau du dispositif en essai, avec compensation de toutes les pertes dues au montage entre le récepteur et le dispositif en essai.

f) Terminaison

Lorsqu'un dispositif en essai à plusieurs ports est mesuré, le dispositif en essai doit être connecté à une terminaison suffisamment linéaire (faible intermodulation) de tenue en puissance adaptée.

g) Récepteur

Le récepteur doit être assez sensible pour détecter un signal du niveau de puissance prévu.

La réponse du récepteur doit être suffisamment courte pour permettre une acquisition de variations rapides d'amplitude. La sensibilité peut être augmentée par un préamplificateur à faible bruit. La stabilité en fréquence doit être suffisante pour la détection appropriée du signal d'intermodulation.

Lorsque le résultat de la mesure de l'intermodulation passive est proche du plancher de bruit thermique du récepteur, la sensibilité du récepteur peut être améliorée en réduisant la largeur de bande de résolution (RBW). De plus, en utilisant le mode "avec moyenne" plutôt que le mode "maintien du maximum", une amélioration supplémentaire peut être obtenue, puisque le mode "maintien du maximum" mesure essentiellement la valeur de crête maximale du bruit thermique, tandis que les résultats en mode "avec moyenne" dans une mesure donnent un niveau plus proche de la valeur efficace.

6.2.3 Montage 2

Ce montage sert à mesurer le produit d'intermodulation directe (émise) et il est, de ce fait, adapté uniquement pour des dispositifs en essai à deux ports et à plusieurs ports.

Tous les composants sont les mêmes que ceux du montage 1, à l'exception de ceux notés ci-dessous:

a) Dispositif mélangeur et diplexeur

Le port d'extraction P3 sur ce dispositif doit être raccordé, pour empêcher la réflexion des signaux d'intermodulation.

b) Dispositif diplexeur

Les signaux f_1 , f_2 et f_{IM} sont divisés en P6 et P7. Ce dispositif est utilisé, ainsi qu'un filtre de réception supplémentaire, pour l'extraction des signaux d'intermodulation.

7 Préparation du dispositif en essai et du matériel d'essai

7.1 Généralités

Le dispositif en essai et le matériel d'essai doivent faire l'objet d'une vérification rigoureuse ayant trait à la pertinence de la plage de tenue en puissance, la plage de fréquences, la propreté et l'exactitude des dimensions d'interconnexion. Toutes les interfaces de connecteurs doivent être conformes à la spécification IEC applicable ou, s'il n'en existe pas, à la spécification recommandée par le fabricant.

L'Annexe B donne des considérations de montage supplémentaires.

7.2 Lignes directrices pour la réduction de la création d'intermodulation passive

Il convient de prendre en considération les lignes directrices suivantes, ainsi que le Tableau 1, et de s'y conformer dans la mesure du possible.

- a) Il convient de ne pas utiliser les matériaux non linéaires dans les chemins de courant ou à proximité de ces derniers.
- b) Il convient de réduire le plus possible les densités de courant dans les chemins de conduction (par exemple le canal d'émission), en utilisant des conducteurs plus grands.
- c) Réduire le plus possible les jonctions métalliques, éviter les contacts lâches et les raccords tournants.
- d) Réduire le plus possible l'exposition des contacts lâches, des surfaces rugueuses et des arêtes vives à la puissance RF.
- e) Maintenir les variations thermiques à un minimum, dans la mesure où l'expansion et la contraction des métaux peuvent créer des contacts non linéaires.
- f) Utiliser des joints brasés ou soudés si possible, mais s'assurer que ces joints sont de bonne qualité et ne comportent pas de matériaux non linéaires, de fissures, de contamination ou de corrosion.
- g) Eviter la présence de vis d'accord ou de parties mobiles dans les chemins de courant élevé; si nécessaire, s'assurer alors que tous les joints sont étanches et propres et, de préférence, non soumis à des vibrations.
- h) Il convient en général de réduire le plus possible les longueurs de câbles, et il est essentiel d'utiliser des câbles de faible intermodulation et de qualité élevée.
- i) Réduire le plus possible l'utilisation des composants non linéaires, tels que les charges d'intermodulation passive élevée, les circulateurs, les isolateurs et les dispositifs à semiconducteurs.
- j) Réaliser une bonne isolation entre les signaux d'émission de puissance élevée et les signaux de réception de puissance faible par filtrage et séparation physique.

Tableau 1 – Guide pour la conception, la sélection de matériaux et la manipulation de composants pouvant être susceptibles de générer une intermodulation passive

Pièce, matériau ou procédure	Recommandations
Interfaces	Réduire le plus possible le nombre total.
Connecteurs	Réduire le plus possible le nombre de connecteurs utilisés. Utiliser des connecteurs de faible intermodulation passive et de qualité élevée, serrés avec le couple approprié.
Connexions intermétalliques	Il convient que chaque connexion intermétallique soit évaluée en matière de criticité pour le niveau total d'intermodulation passive. Les méthodes de contrôle des performances sont la pression de contact élevée, l'isolation, le soudage, le brasage, etc.
Matériaux ferromagnétiques	Non recommandés (non linéaires).
Acier inoxydable non magnétique	Non recommandé (contient du fer).
Circulateurs, isolateurs et autres dispositifs en ferrite	Non recommandés.
Arêtes vives	Eviter si elles entraînent une densité de courant élevée.
Terminaisons ou atténuateurs	Il convient de les évaluer avant utilisation.
Joints hermétiques	Evaluer avant utilisation et éviter les matériaux ferromagnétiques.
Cartes à circuit imprimé (PCB)	Il convient de prendre en compte et d'évaluer l'ensemble des matériaux, des processus et de la conception. Utiliser des matériaux de faible intermodulation passive; être vigilant en ce qui concerne les impuretés de matériaux, la contamination et les résidus de gravure. Il convient que les pistes en cuivre soient revêtues, afin d'éviter la corrosion.
Métaux dissemblables	Non recommandés (risque de corrosion galvanique).
Matériau diélectrique	Utiliser un matériau propre et de qualité élevée. S'assurer qu'il ne contient pas de particules conductrices.
Matériaux diélectriques usinés	Utiliser des outils propres non contaminés pour l'usinage.
Joint soudé ou brasé	Bien réalisés et soigneusement nettoyés, ils donnent des résultats satisfaisants. Doivent être examinés avec soin.

Pièce, matériau ou procédure	Recommandations
Composite époxy en fibres de carbone (CFEC)	Généralement acceptable pour une utilisation dans des structures réfléchissantes et de support, à condition que les fibres ne soient pas détériorées. Il convient d'évaluer si une densité de flux élevée (par exemple > 10 mW/cm ²) est prévue.
Couvertures thermiques à plusieurs couches normalisées, constituées d'aluminium déposé sous vide (VDA) sur du film téréphtalate polyéthylène orienté biaxial ou sur du film polyamide	Conception particulière exigée.
Propreté	Maintenir les surfaces propres et sèches.
Métallisation	Il convient que l'épaisseur de la métallisation soit au moins trois fois supérieure à la profondeur de pénétration de l'onde résultant de l'effet de peau à la fréquence correspondante la plus faible.

8 Procédure d'essai

Le Tableau 2 donne certaines conditions pour le montage d'essai 1 et le montage d'essai 2.

Tableau 2 – Conditions pour les montages d'essai

Montage d'essai 1	Montage d'essai 2
Le montage doit faire l'objet d'une vérification ayant trait aux niveaux de signaux corrects appliqués au dispositif en essai. Pour les systèmes de communication mobiles, il est généralement recommandé d'utiliser 2 × 20 W (43 dBm) au niveau du port d'essai du dispositif en essai, sauf spécification contraire. Les autres systèmes peuvent exiger des niveaux de puissance différents (supérieurs ou inférieurs). L'Annexe B donne des considérations sur les effets de la chaleur.	
Le nombre minimal de fréquences d'essai et/ou d'espacements des fréquences doit être spécifié.	
Pour l'incertitude de mesure la plus faible, le récepteur doit être étalonné au niveau d'intermodulation prévu, avec une source de signaux étalonnée, comme l'indiquent la Figure 1 et la Figure 2.	
La terminaison doit être raccordée directement au port d'essai P4, et le niveau d'auto-intermodulation du montage doit être enregistré.	Le port P5 du dispositif diplexeur doit être connecté directement au port P4 du dispositif mélangeur et additionneur, et le niveau d'auto-intermodulation du montage doit être enregistré.
Pour les incertitudes de mesures faibles, il convient que le niveau d'auto-intermodulation soit d'au moins 10 dB au-dessous de la valeur spécifiée pour le dispositif en essai.	
Soumettre aux essais le dispositif en essai comme indiqué dans le montage et la procédure spécifiques dans le montage d'essai approprié.	
Un essai de chocs mécaniques supplémentaire peut être réalisé au cours de la séquence d'essais.	

9 Rapport

9.1 Résultats

Il convient de spécifier la puissance d'entrée aux fréquences individuelles. Il convient de spécifier les valeurs de f_1 et f_2 .

Il convient de spécifier le niveau d'intermodulation passive et la fréquence.

9.2 Exemple de résultats

Le résultat est exprimé comme une amplitude absolue en dBm ou une amplitude relative en dBc, par rapport à la puissance d'une porteuse unique.

La relation entre une valeur IM₃ mesurée de -120 dBm peut être convertie en dBc comme suit:

EXEMPLE:

$$f_1 = 936 \text{ MHz}, f_2 = 958 \text{ MHz}, f_{IM_3} = 914 \text{ MHz}$$

$$P(f_1) = P(f_2) = 20 \text{ W (+43 dBm)} \quad IM_3 = -163 \text{ dBc (-120 dBm)}$$

10 Erreur de mesure

L'incertitude de mesure peut être calculée par la formule suivante:

$$RSS = \sqrt{(\delta A)^2 + (\delta P_m)^2 + (\delta P_g)^2 + (\delta D)^2}$$

où

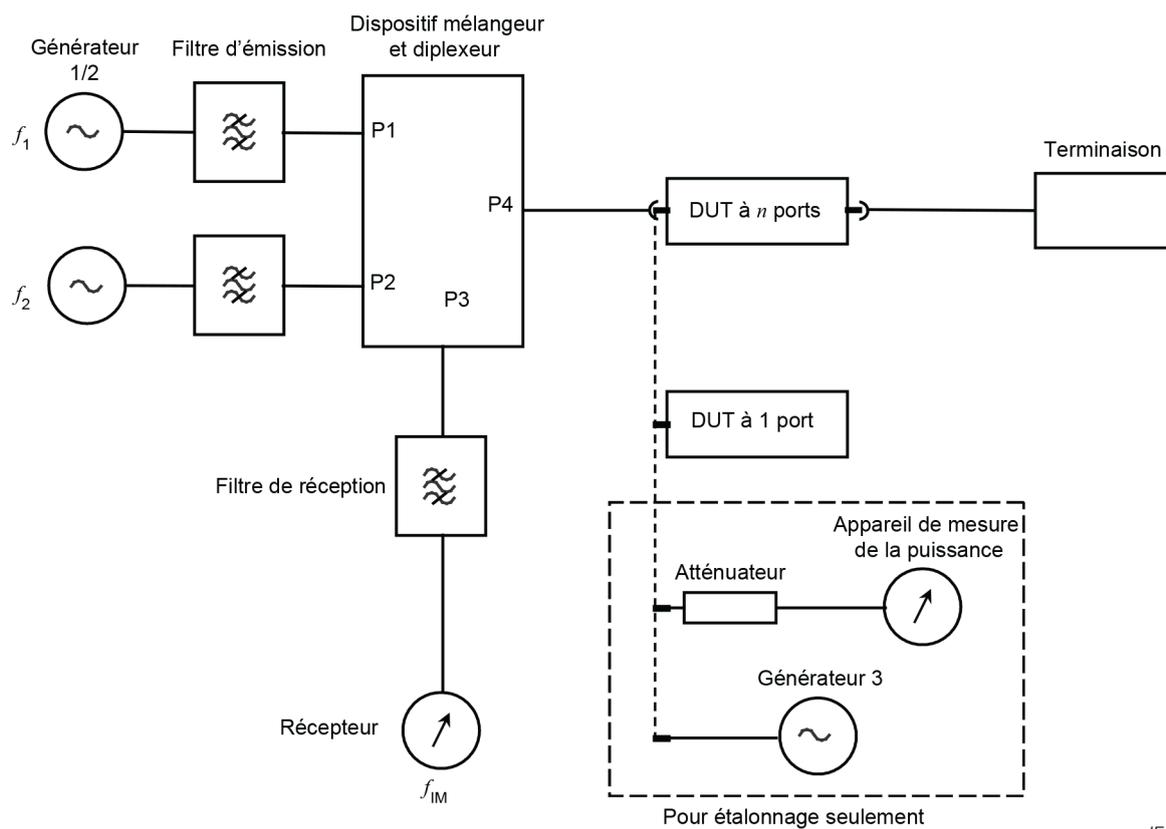
δA est l'incertitude de l'atténuateur;

δP_m est l'incertitude de l'appareil de mesure de la puissance;

δP_g est l'incertitude du générateur 3;

δD est l'incertitude provoquée par la différence entre l'auto-intermodulation du banc d'essai et l'intermodulation du dispositif en essai (à partir de la Figure 3).

Les erreurs de non-adaptation ne sont pas incluses dans la formule donnée.



IEC

Figure 1 – Montage 1: montage d'essai de l'intermodulation inverse

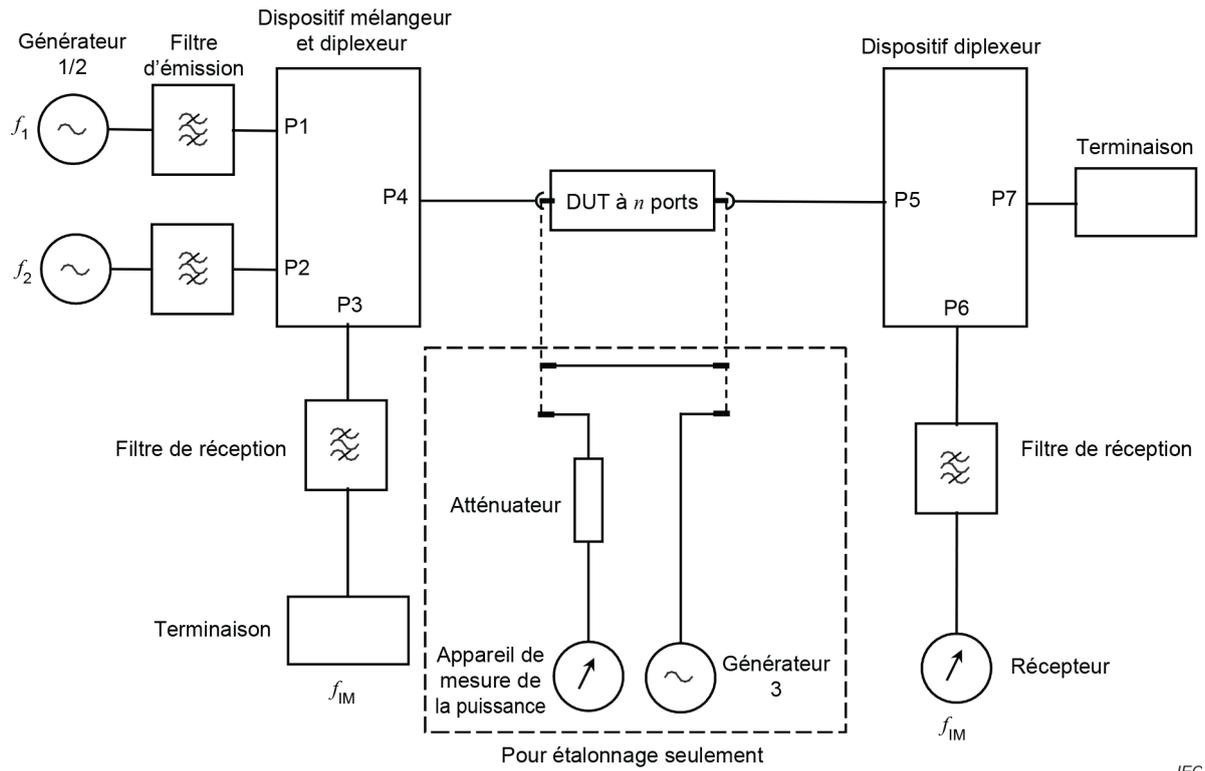


Figure 2 – Montage 2: montage d'essai de l'intermodulation direct

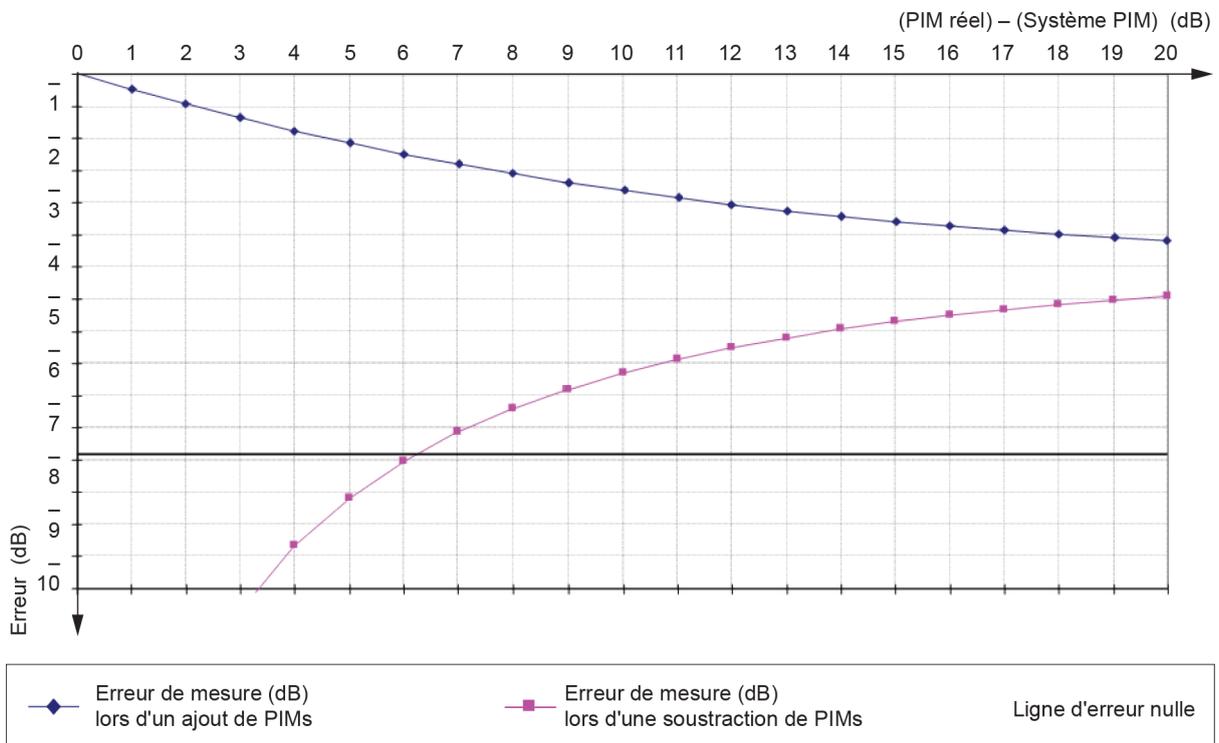


Figure 3 – Erreur de mesure de l'intermodulation passive (PIM) provoquée par une erreur du système résiduel

Annexe A (informative)

Configuration d'une terminaison de faible intermodulation passive

A.1 Généralités

L'Annexe A fournit des informations sur des terminaisons de faible intermodulation passive.

A.2 Configuration de terminaisons de faible intermodulation passive

A.2.1 Terminaison de câble long

Les terminaisons d'intermodulation passive élevée peuvent souvent être composées de matériaux résistifs. Par conséquent, des câbles coaxiaux longs sont utilisés comme une terminaison de faible intermodulation passive (voir Figure A.1). Les lignes directrices suivantes ne suivent pas un ordre d'importance particulier, mais il convient de les prendre en considération et de s'y conformer dans la mesure du possible.

- a) Eviter les câbles tressés. Il convient d'utiliser des câbles avec un conducteur central unique. Des câbles semi-rigides seraient un bon choix d'un point de vue pratique.
- b) Eviter d'utiliser des câbles avec des matériaux d'intermodulation passive élevée et une métallisation d'intermodulation passive élevée. Une métallisation en argent et en étain constituerait un bon choix. Il convient que la métallisation soit suffisamment plus épaisse que la profondeur de pénétration à la fréquence fondamentale la plus faible.
- c) Une configuration de câble sans soudure est le meilleur choix pour les terminaisons, dans la mesure où le fait de réduire le plus possible les connexions de câbles est essentiel pour obtenir une intermodulation passive faible. Lorsque la terminaison se compose de plusieurs câbles courts, il convient d'utiliser le plus long du côté le plus proche du dispositif en essai.
- d) Choisir le câble avec une tenue en puissance suffisante.
- e) Choisir la longueur de câble suffisante pour l'absorption de puissance à la fréquence fondamentale la plus faible, en prenant en considération la performance de l'isolation entre les signaux de réception et les signaux d'émission.
- f) Utiliser un connecteur avec des caractéristiques d'intermodulation passive faible.

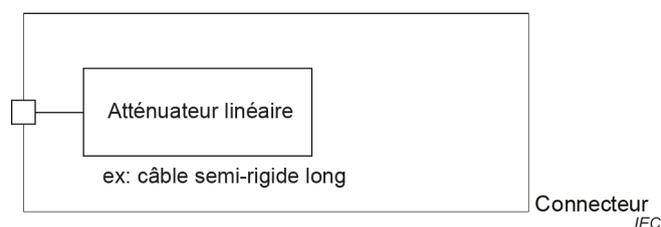


Figure A.1 – Terminaison de câble long

A.2.2 Terminaison localisée avec un atténuateur linéaire

Le câble de faible intermodulation passive peut être considéré comme un atténuateur linéaire. La combinaison de l'atténuateur linéaire et d'une charge localisée à intermodulation passive élevée, telle que représentée à la Figure A.2, peut être utilisée comme une terminaison de faible intermodulation passive. La procédure suivante est présentée pour la conception d'une terminaison de faible intermodulation passive.

- a) Mesurer les caractéristiques d'intermodulation passive de la terminaison localisée en fonction de la puissance du fondamental, et déterminer le rapport d'augmentation d'intermodulation passive X [dB].
- b) Déterminer l'affaiblissement exigé de l'atténuateur linéaire X_c [dB] à l'aide de la formule suivante:

$$Y_{\text{term}} = Y_{\text{RDL}} - (X + 1)X_c$$

- c) Concevoir la longueur exigée du câble pour l'atténuateur linéaire à l'aide de la formule suivante:

$$X_c = \alpha \times l_m$$

où

Y_{RDL} est l'intermodulation passive de la terminaison localisée pour P_{in} , en dBm;

Y_{term} est le niveau d'intermodulation passive exigé pour la terminaison d'intermodulation passive faible, en dBm;

X est l'augmentation de l'intermodulation passive par rapport à l'augmentation de 1 dB de chaque signal d'entrée, en dB;

X_c est l'affaiblissement de l'atténuateur linéaire, en dB;

α est le rapport d'affaiblissement du câble, en dB/m;

l_m est la longueur de câble, en m.

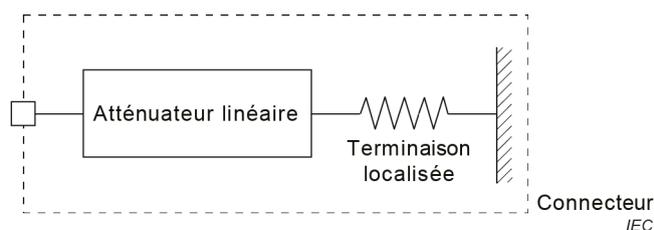


Figure A.2 – Terminaison localisée avec un atténuateur linéaire

Annexe B (informative)

Considérations relatives à la procédure d'essai

B.1 Variation de l'intermodulation passive en fonction de la fréquence

En raison de l'interaction de phase entre les connecteurs et la longueur de la ligne de transmission lorsqu'elle est mesurée dans le mode inverse (réfléchi), la fréquence à laquelle l'intermodulation passive maximale se produit dans la bande peut varier. Les méthodes suivantes peuvent être utilisées pour déterminer l'intermodulation passive maximale.

B.2 Méthode du balayage en fréquence échelonné

Une méthode acceptée de balayage consiste à fixer f_1 à l'extrémité inférieure de la bande d'émission et à abaisser f_1 , en commençant au sommet de la bande pour toutes les combinaisons de fréquences qui entraînent une intermodulation dans la bande de réception. Si cela est souhaité, cette procédure peut être inversée en fixant f_2 à la fréquence la plus élevée dans la bande d'émission, puis en augmentant f_1 , en commençant en bas de la bande.

B.3 Méthode de la fréquence fixe

Des assemblages de différentes longueurs peuvent être réalisés pour s'assurer que l'intermodulation passive s'ajoute en phase. Assembler deux dispositifs en essai supplémentaires. Le premier doit être $\lambda/6$ plus long et le deuxième doit être $\lambda/3$ plus long à la fréquence d'essai de réception. L'intermodulation passive des trois assemblages est mesurée pour déterminer quel dispositif en essai présente l'intermodulation passive maximale.

Une fréquence fixe multiple peut être utilisée au lieu de faire varier la longueur du câble.

B.4 Essais dynamiques d'intermodulation passive

Un matériel d'essai d'intermodulation passive sans impulsion et de fréquence fixe donne la meilleure probabilité de détection d'événements d'intermodulation passive de courte durée lors des essais dynamiques. Il est recommandé de réaliser plusieurs chocs dynamiques lorsqu'un matériel d'essai d'intermodulation passive à impulsion est utilisé ou lorsqu'un balayage est réalisé sur les générateurs d'essai pour améliorer la probabilité de détection d'événements d'intermodulation passive.

B.5 Effets de la chaleur

L'amplitude de l'intermodulation passive générée par une source d'intermodulation passive peut varier avec la température du dispositif en essai. L'amplitude de l'intermodulation passive peut augmenter ou diminuer en fonction de la caractéristique physique de la source d'intermodulation passive. Le fait d'utiliser des analyseurs d'intermodulation passive sans impulsion, de faire durer plus longtemps les essais et de réaliser des essais à des niveaux de puissance plus élevés entraîne la fourniture d'une puissance moyenne plus élevée dans le dispositif en essai et peut simuler de manière plus précise les effets de la chaleur dans des systèmes de communication mobile de puissance élevée.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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