

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-88910-376-8

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope and object.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	8
4 General	10
5 Test levels.....	10
6 Test equipment.....	11
6.1 Test generator	11
6.2 Coupling and decoupling devices	12
6.2.1 Coupling/decoupling networks (CDNs)	12
6.2.2 Clamp injection devices	13
6.2.3 Direct injection devices	14
6.2.4 Decoupling networks.....	14
6.3 Verification of the common mode impedance at the EUT port of coupling and decoupling devices	14
6.3.1 Insertion loss of the 150 Ω to 50 Ω adapters.....	15
6.4 Setting of the test generator.....	15
6.4.1 Setting of the output level at the EUT port of the coupling device.....	15
7 Test set-up for table-top and floor-standing equipment.....	16
7.1 Rules for selecting injection methods and test points.....	16
7.1.1 Injection method	16
7.1.2 Ports to be tested.....	17
7.2 Procedure for CDN injection application	18
7.3 Procedure for clamp injection when the common-mode impedance requirements can be met	18
7.4 Procedure for clamp injection when the common-mode impedance requirements cannot be met	19
7.5 Procedure for direct injection	19
7.6 EUT comprising a single unit	19
7.7 EUT comprising several units.....	20
8 Test procedure	20
9 Evaluation of the test results	21
10 Test report.....	21
Annex A (normative) Additional information regarding clamp injection.....	33
Annex B (informative) Selection criteria for the frequency range of application	38
Annex C (informative) Guide for selecting test levels	40
Annex D (informative) Information on coupling and decoupling networks.....	41
Annex E (informative) Information for the test generator specification	45
Annex F (informative) Test set-up for large EUTs	46
Annex G (informative) Measurement uncertainty of test instrumentation.....	49
Bibliography	56
Figure 1 – Rules for selecting the injection method	17

Figure 2 – Immunity test to RF conducted disturbances	23
Figure 3 – Test generator set-up	24
Figure 4 – Open circuit waveforms at the EUT port of a coupling device for test level 1	24
Figure 5 – Principle of coupling and decoupling	27
Figure 6 – Principle of coupling and decoupling according to the clamp injection method	27
Figure 7 – Details of set-ups and components to verify the essential characteristics of coupling and decoupling devices and the 150 Ω to 50 Ω adapters	29
Figure 8 – Set-up for level setting (see 6.4.1)	30
Figure 9 – Example of test set-up with a single unit EUT	31
Figure 10 – Example of a test set-up with a multi-unit EUT	32
Figure A.1 – Circuit for level setting set-up in a 50 Ω test Jig	34
Figure A.2 – The 50 Ω test jig construction	34
Figure A.3 – Construction details of the EM clamp	35
Figure A.4 – Concept of the EM clamp (electromagnetic clamp)	36
Figure A.5 – Coupling factor of the EM clamp	36
Figure A.6 – General principle of a test set-up using injection clamps	37
Figure A.7 – Example of the test unit locations on the ground plane when using injection clamps (top view)	37
Figure B.1 – Start frequency as function of cable length and equipment size	39
Figure D.1 – Example of a simplified diagram for the circuit of CDN-S1 used with screened cables (see 6.2.1)	42
Figure D.2 – Example of simplified diagram for the circuit of CDN-M1/-M2/-M3 used with unscreened supply (mains) lines (see 6.2.1.1)	42
Figure D.3 – Example of a simplified diagram for the circuit of CDN-AF2 used with unscreened non-balanced lines (see 6.2.1.3)	43
Figure D.4 – Example of a simplified diagram for the circuit of a CDN-T2, used with an unscreened balanced pair (see 6.2.1.2)	43
Figure D.5 – Example of a simplified diagram of the circuit of a CDN-T4 used with unscreened balanced pairs (see 6.2.1.2)	44
Figure D.6 – Example of a simplified diagram of the circuit of a CDN-T8 used with unscreened balanced pairs (see 6.2.1.2)	44
Figure F.1 – Example of large EUT test set-up with elevated horizontal ground reference plane	47
Figure F.2 – Example of large EUT test set-up with vertical ground reference plane	48
Figure G.1 – Example of influences upon the test method using CDN	49
Figure G.2 – Example of influences upon the test method using EM clamp	50
Figure G.3 – Example of influences upon the test method using current clamp	50
Figure G.4 – Example of influences upon the test method using direct injection	50
Table 1 – Test levels	11
Table 2 – Characteristics of the test generator	12
Table 3 – Main parameter of the combination of the coupling and decoupling device	12
Table B.1 – Main parameter of the combination of the coupling and decoupling device when the frequency range of test is extended above 80 MHz	38
Table E.1 – Required power amplifier output power to obtain a test level of 10 V	45
Table G.1a – CDN calibration process	51

Table G.1b – CDN test process	51
Table G.2a – EM clamp calibration process	53
Table G.2b – EM clamp test process	53
Table G.3a – Current clamp calibration process.....	54
Table G.3b – Current clamp test process.....	54
Table G.4a – Direct injection calibration process	55
Table G.4b – Direct injection test process.....	55

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61000-4-6:2008

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-6: Testing and measurement techniques –
Immunity to conducted disturbances,
induced by radio-frequency fields**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61000-4-6 has been prepared by subcommittee 77B: High-frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard forms part 4-6 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*.

This third edition of IEC 61000-4-6 cancels and replaces the second edition published in 2003, Amendment 1 (2004) and Amendment 2 (2006). This edition constitutes a technical revision.

The document 77B/571/FDIS, circulated to the National Committees as Amendment 3, led to the publication of the new edition.

The text of this standard is based on the second edition, its Amendment 1, Amendment 2 and on the following documents:

FDIS	Report on voting
77B/571/FDIS	77B/577/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61000-4-6:2008

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 : 61000-6-1).

This part is an international standard which gives immunity requirements and test procedure related to conducted disturbances induced by radio-frequency fields.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

1 Scope and object

This part of IEC 61000 relates to the conducted immunity requirements of electrical and electronic equipment to electromagnetic disturbances coming from intended radio-frequency (RF) transmitters in the frequency range 9 kHz up to 80 MHz. Equipment not having at least one conducting cable (such as mains supply, signal line or earth connection) which can couple the equipment to the disturbing RF fields is excluded.

NOTE 1 Test methods are defined in this part for measuring the effect that conducted disturbing signals, induced by electromagnetic radiation, have on the equipment concerned. The simulation and measurement of these conducted disturbances are not adequately exact for the quantitative determination of effects. The test methods defined are structured for the primary objective of establishing adequate repeatability of results at various facilities for quantitative analysis of effects.

The object of this standard is to establish a common reference for evaluating the functional immunity of electrical and electronic equipment when subjected to conducted disturbances induced by radio-frequency fields. The test method documented in this part of IEC 61000 describes a consistent method to assess the immunity of an equipment or system against a defined phenomenon.

NOTE 2 As described in IEC Guide 107, this standard is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As also stated in Guide 107, the IEC product committees are responsible for determining whether this immunity test standard should be applied or not, and if applied, they are responsible for determining the appropriate test levels and performance criteria. TC 77 and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular immunity tests for their products.

2 Normative references

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

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 61000, the terms and definitions given in IEC 60050-161 as well as the following definitions apply.

3.1

artificial hand

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

[IEV 161-04-27]

NOTE The construction should be in accordance with CISPR 16-1-2.

3.2

auxiliary equipment

AE

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

3.3

clamp injection

clamp injection is obtained by means of a clamp-on “current” injecting device on the cable:

- **current clamp**: a transformer, the secondary winding of which consists of the cable into which the injection is made;
- **electromagnetic clamp** (EM clamp): injection device with combined capacitive and inductive coupling

3.4

common-mode impedance

ratio of the common mode voltage and the common-mode current at a certain port

NOTE This common mode impedance can be determined by applying a unity common mode voltage between the terminal(s) or screen of that port and a reference plane (point). The resulting common mode current is then measured as the vectorial sum of all currents flowing through these terminal(s) or screen (see also Figures 8a and 8b).

3.5

coupling factor

ratio given by the open-circuit voltage (e.m.f.) obtained at the EUT port of the coupling (and decoupling) device divided by the open-circuit voltage obtained at the output of the test generator

3.6

coupling network

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

NOTE Coupling and decoupling devices can be integrated into one box (coupling and decoupling network (CDN)) or they can be in separate networks.

3.7

coupling/decoupling network

CDN

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

3.8

decoupling network

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

3.9

test generator

generator (RF generator, modulation source, attenuators, broadband power amplifier and filters) capable of generating the required test signal (see Figure 3)

3.10

electromotive force

e.m.f.

voltage at the terminals of the ideal voltage source in the representation of an active element

[IEV 131-01-38:1978]

3.11 measurement result

U_{mr}
voltage reading of the measurement equipment

3.12 voltage standing wave ratio VSWR

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

4 General

The source of disturbance covered by this part of IEC 61000 is basically an electromagnetic field, coming from intended RF transmitters, that may act on the whole length of cables connected to installed equipment. The dimensions of the disturbed equipment, mostly a sub-part of a larger system, are assumed to be small compared with the wavelengths involved. The in-going and outgoing leads (e.g. mains, communication lines, interface cables) behave as passive receiving antenna networks because of their length, which can be several wavelengths.

Between those cable networks, the susceptible equipment is exposed to currents flowing "through" the equipment. Cable systems connected to an equipment are assumed to be in resonant mode ($\lambda/4$, $\lambda/2$ open or folded dipoles) and as such are represented by coupling and decoupling devices having a common-mode impedance of 150 Ω with respect to a ground reference plane. Where possible the EUT is tested by connecting it between two 150 Ω common-mode impedance connections: one providing an RF source and the other providing a return path for the current.

This test method subjects the EUT to a source of disturbance comprising electric and magnetic fields, simulating those coming from intentional RF transmitters. These disturbing fields (E and H) are approximated by the electric and magnetic near-fields resulting from the voltages and currents caused by the test set-up as shown in Figure 2a.

The use of coupling and decoupling devices to apply the disturbing signal to one cable at the time, while keeping all other cables non-excited, see Figure 2b, can only approximate the real situation where disturbing sources act on all cables simultaneously, with a range of different amplitudes and phases.

Coupling and decoupling devices are defined by their characteristics given in 6.2. Any coupling and decoupling device fulfilling these characteristics can be used. The coupling and decoupling networks in Annex D are only examples of commercially available networks.

5 Test levels

No tests are required for induced disturbances caused by electromagnetic fields coming from intentional RF transmitters in the frequency range 9 kHz to 150 kHz.

Table 1 – Test levels

Frequency range 150 kHz – 80 MHz		
Level	Voltage level (e.m.f.)	
	U_0 dB(μV)	U_0 V
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X ^a	Special	
^a X is an open level.		

The open-circuit test levels (e.m.f.) of the unmodulated disturbing signal, expressed in r.m.s., are given in Table 1. The test levels are set at the EUT port of the coupling devices, see 6.4.1. For testing of equipment, this signal is 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave to simulate actual threats. The effective amplitude modulation is shown in Figure 4. Guidance for selecting test levels is given in Annex C.

NOTE 1 IEC 61000-4-3 also defines test methods for establishing the immunity of electrical and electronic equipment against radiated electromagnetic energy. It covers frequencies above 80 MHz. Product committees may decide to choose a lower or higher transition frequency than 80 MHz (see Annex B).

NOTE 2 Product committees may select alternative modulation schemes.

6 Test equipment

6.1 Test generator

The test generator includes all equipment and components for supplying the input port of each coupling device with the disturbing signal at the required signal level at the required point. A typical arrangement comprises the following items which may be separate or integrated into one or more test instruments (see 3.9 and Figure 3):

- RF generator(s), G1, capable of covering the frequency band of interest and of being amplitude modulated by a 1 kHz sine wave with a modulation depth of 80 %. They shall have manual control (e.g., frequency, amplitude, modulation index) or in the case of RF synthesizers, they shall be programmable with frequency-dependent step sizes and dwell times;
- attenuator, T1, (typically 0 dB ... 40 dB) of adequate frequency rating to control the disturbing test source output level. T1 may be included in the RF generator and is optional;
- RF switch, S1, by which the disturbing test signal can be switched on and off when measuring the immunity of the EUT. S1 may be included in the RF generator and is optional;
- broadband power amplifier(s), PA, may be necessary to amplify the signal if the output power of the RF generator is insufficient;
- low-pass filters (LPF), and/or high-pass filters (HPF) may be necessary to avoid interference caused by (higher order or sub-) harmonics with some types of EUT, for example RF receivers. When required they shall be inserted in between the broadband power amplifier, PA, and the attenuator T2;
- attenuator, T2, (fixed ≥ 6 dB, $Z_0 = 50 \Omega$), with sufficient power ratings. T2 is provided to reduce the mismatch from the power amplifier to the coupling device.

NOTE T2 may be included in a coupling and decoupling network and can be left out if the output impedance of the broadband power amplifier remains within the specification under any load condition.

Characteristics of the test generator with and without modulation are given in Table 2.

Table 2 – Characteristics of the test generator

Output impedance	50 Ω
Harmonics and distortion	any spurious spectral line shall be at least 15 dB below the carrier level
Amplitude modulation	internal or external, 80 % $\pm$ 5 % in depth 1 kHz $\pm$ 10 % sine wave
Output level	sufficiently high to cover test level (see also Annex E)

6.2 Coupling and decoupling devices

Coupling and decoupling devices shall be used for appropriate coupling of the disturbing signal (over the entire frequency range, with a defined common-mode impedance at the EUT port) to the various cables connected to the EUT and for preventing applied test signals from affecting other devices, equipment and systems that are not under test.

The coupling and decoupling devices can be combined into one box (a coupling/ decoupling network, CDN) or can consist of several parts. The main coupling and decoupling device parameter, the common-mode impedance seen at the EUT-port, is specified in Table 3.

The preferred coupling and decoupling devices are the CDNs, for reasons of test reproducibility and protection of the AE. However, if they are not suitable or available, other injection methods can be used. Rules for selecting the appropriate injection method are given below and in 7.1.

Table 3 – Main parameter of the combination of the coupling and decoupling device

	Frequency band	
Parameter	0,15 MHz – 26 MHz	26 MHz – 80 MHz
Z_{ce}	150 $\Omega \pm 20 \Omega$	150 $\Omega + 60 \Omega - 45 \Omega$

NOTE 1 Neither the argument of Z_{ce} nor the decoupling factor between the EUT port and the AE port are specified separately. These factors are embodied in the requirement that the tolerance of $|Z_{ce}|$ shall be met with the AE-port open or short-circuited to the ground reference plane.

NOTE 2 When clamp injection methods are used, without complying with the common-mode impedance requirements for the auxiliary equipment, the requirements of Z_{ce} may not be met. However, the injection clamps can provide acceptable test results when the guidance of 7.4 is followed.

6.2.1 Coupling/decoupling networks (CDNs)

These networks comprise the coupling and decoupling circuits in one box and can be used for specific unscreened cables e.g. CDN-M1, CDN-M2, CDN-M3, CDN-T2, CDN-T4, CDN-AF-2, see Annex D. Typical concepts of the coupling and the decoupling networks are given in Figures 5c and 5d. The networks shall not unduly affect the functional signals. Constraints on such effects may be specified in the product standards.

6.2.1.1 CDNs for power supply lines

Coupling/decoupling networks are recommended for all power supply connections. However, for high power (current ≥ 16 A) and/or complex supply systems (multi-phase or various parallel supply voltages) other injection methods may be selected.

The disturbing signal shall be coupled to the supply lines, using type CDN-M1 (single wire), CDN-M2 (two wires) or CDN-M3 (three wires), or equivalent networks (see Annex D). Similar networks can be defined for a 3-phase mains system. The coupling circuit is given in Figure 5c.

The performance of the CDN shall not be unduly degraded by saturation of the magnetic material due to current taken by the EUT. Wherever possible, the network construction should ensure that the magnetising effect of the forward current is cancelled by that due to the return current.

If in real installations the supply wires are individually routed, separate CDN-M1 coupling and decoupling networks shall be used and all input ports shall be treated separately.

If the EUT is provided with other earth terminals (e.g. for RF purposes or high leakage currents), they shall be connected to the ground reference plane:

- through the CDN-M1 when the characteristics or specification of the EUT permit. In this case, the (power) supply shall be provided through the CDN-M3 network;
- when the characteristics or specification of the EUT do not permit the presence of a CDN-M1 network in series with the earth terminal for RF or other reasons, the earth terminal shall be directly connected to the ground reference plane. In this case the CDN-M3 network shall be replaced by a CDN-M2 network to prevent an RF short circuit by the protective earth conductor. When the equipment was already supplied via CDN-M1 or CDN-M2 networks, these shall remain in operation.

Warning: The capacitors used within the CDNs bridge live parts. As a result, high leakage currents may occur and safety connections from the CDN to the ground reference plane are obligatory (in some cases, these connections may be provided by the construction of the CDN).

6.2.1.2 CDNs for unscreened balanced lines

For coupling and decoupling disturbing signals to an unscreened cable with balanced lines, a CDN-T2, CDN-T4 or CDN-T8 shall be used as coupling and decoupling network. Figures D.4, D.5 and D.6 in Annex D show these possibilities.

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

NOTE Other CDN-Tx networks may be used if they are suitable for the intended frequency range and satisfy the requirements of 6.2. For example, the differential to common mode conversion loss of the CDNs should have a larger value than the specified conversion ratio of the cable to be installed or equipment connected to the installed cable. If different conversion ratios are specified for cable and equipment then the smaller value applies. Often, clamp injection needs to be applied to multi-pair balanced cables because suitable CDNs might not be available.

6.2.1.3 Coupling and decoupling for unscreened non-balanced lines

For coupling and decoupling disturbing signals to an unscreened cable with non-balanced lines, a coupling and decoupling network as described in Figure D.3 for a single pair may be used.

NOTE If no suitable CDN is available, clamp injection should be used.

6.2.2 Clamp injection devices

With clamp injection devices, the coupling and decoupling functions are separated. Coupling is provided by the clamp-on device while the common-mode impedance and the decoupling functions are established at the auxiliary equipment. As such, the auxiliary equipment becomes part of the coupling and decoupling devices (see Figure 6). Subclause 7.3 gives instructions for proper application.

When an EM clamp or a current clamp is used without fulfilling the constraints given in 7.3, the procedure defined in 7.4 shall be followed. The induced voltage is set in the same way as described in 6.4.1. In addition, the resulting current shall be monitored and corrected for. In this procedure, a lower common mode impedance may be used, but the common mode current is limited to the value which would flow from a 150 Ω source.

6.2.2.1 Current clamp

This device establishes an inductive coupling to the cable connected to the EUT. For example, with a 5:1 turn ratio, the transformed common-mode series impedance can be neglected with respect to the $150\ \Omega$ established by the auxiliary equipment. In this case, the test generator's output impedance ($50\ \Omega$) is transformed into $2\ \Omega$. Other turns ratios may be used; see Annex A.

NOTE 1 When using a current clamp, care should be taken that the higher harmonics generated by the power amplifier (PA) do not appear at higher levels than the fundamental signal levels at the EUT port of the coupling device.

NOTE 2 It is commonly necessary to position the cable through the center of the clamp to minimize capacitive coupling.

6.2.2.2 EM clamp

The EM clamp establishes both capacitive and inductive coupling to the cable connected to the EUT. The construction and performance of the EM clamp are described in Annex A.

6.2.3 Direct injection devices

The disturbing signal, coming from the test generator, is injected on to screened and coaxial cables via a $100\ \Omega$ resistor (even if the shield is ungrounded or grounded at one end only). In between the auxiliary equipment (AE) and the injection point, a decoupling circuit (see 6.2.4) shall be inserted as close as possible to the injection point (see Figure 5b). To increase decoupling and to stabilize the circuit, a ground connection shall be made from the screen of the direct injection device's input port to the ground reference plane. This connection is made on the AE side of the injection device.

NOTE When making direct connection to foil shields, caution needs to be exercised to ensure a good connection producing reliable test results.

For certain simple screened cable configurations, the decoupling circuit together with the $100\ \Omega$ resistor may be combined into one box, creating a CDN.

6.2.4 Decoupling networks

Normally, the decoupling network comprises several inductors to create a high impedance over the frequency range. This is determined by the ferrite material used, and an inductance of at least $280\ \mu\text{H}$ is required at $150\ \text{kHz}$. The reactance shall remain high, $\geq 260\ \Omega$ up to $26\ \text{MHz}$ and $\geq 150\ \Omega$ above $26\ \text{MHz}$. The inductance can be achieved either by having a number of windings on ferrite toroids (see Figure 5d) or by using a number of ferrite toroids over the cable (usually as a clamp-on tube).

The CDNs as specified in Annex D can be used as decoupling networks with the RF input port left unloaded, unless stated otherwise elsewhere in this standard. When CDNs are used in this way, they shall meet the requirements of this clause.

The decoupling networks shall be used on all cables not selected for the test, but connected to the EUT and/or AEs. For exceptions, see 7.7.

6.3 Verification of the common mode impedance at the EUT port of coupling and decoupling devices

Coupling and decoupling devices are characterized by the common-mode impedance seen at the EUT port, $|Z_{\text{cel}}|$. Its correct value ensures the reproducibility of the test results. The common-mode impedance of coupling and decoupling devices is verified using the set-up shown in Figure 7.

The coupling and decoupling devices and the impedance reference plane (Figure 7a) shall be placed on a ground reference plane. The size of the ground reference plane shall exceed the projected geometry of the set-up on all sides by at least $0,2\ \text{m}$.

The impedance reference plane shall be connected to the EUT port of the CDN by a connection shorter than or equal to 30 mm as shown in Figure 7a. The magnitude of the common-mode impedance seen at the connector on the impedance plane shall be measured.

The coupling and decoupling networks shall meet the impedance requirements of Table 3 while the input port is terminated with a 50 Ω load and the AE-port is sequentially loaded in common-mode with a short-circuit and an open-circuit condition as shown in Figure 7b. This requirement ensures sufficient attenuation and makes the set-up of the auxiliary equipment, e.g. open or short circuited, inputs insignificant.

If clamp injection or direct injection is used, it is unrealistic to verify the common-mode impedance for each AE set-up connected to the EUT. Normally, it is sufficient to follow the procedure as given in 7.3. In all other cases the procedure defined in 7.4 shall be used.

6.3.1 Insertion loss of the 150 Ω to 50 Ω adapters

When the test generator is set up prior to testing, the test level must be verified in a 150 Ω common-mode impedance environment. This is achieved by connecting the appropriate common-mode point to a 50 Ω measurement device via a 150 Ω to 50 Ω adapter as shown in Figure 7c. The construction of the adapter is shown in Figures 7d and 7e.

The adapters shall be placed on a ground reference plane, the size of which exceeds the projected geometry of this set-up on all sides by at least 0.2 m. The insertion loss is measured according to the principle of Figure 7c. Its value shall be in the range of $(9,5 \pm 0,5)$ dB (theoretical value 9,5 dB caused by the additional series impedance when measured in a 50 Ω system). If necessary, the cable attenuation of the test set-up shall be compensated for. Attenuators with suitable VSWR ($\leq 1,2$) at the inputs and outputs of receivers and generators are recommended.

6.4 Setting of the test generator

For the correct setting of the unmodulated test level the procedure in 6.4.1 shall be applied. It is assumed that the test generator, the coupling and decoupling devices and the 150 Ω to 50 Ω adapter comply with the requirements of 6.1, 6.2 and 6.3.1.

Warning: During the setting of the test generator, all connections to the EUT and AE port of the coupling and decoupling devices other than those required (see Figure 8), shall be disconnected either to avoid short-circuit conditions or to avoid destruction of the measurement equipment.

The output level of the test generator shall be set (see 6.4.1) with an unmodulated carrier. After the correct settings have been made, the modulation shall be switched on and checked.

The output level of the test generator can be determined either by measurement of the amplifier output power or by the RF generator output, so long as the stability of the test equipment can be guaranteed.

The correct output level must be determined for all test frequencies applied to the EUT.

6.4.1 Setting of the output level at the EUT port of the coupling device

The test generator shall be connected to the RF input port of the coupling device. The EUT port of the coupling device shall be connected in common mode through the 150 Ω to 50 Ω adapter to a measuring equipment having a 50 Ω input impedance. The AE port of the CDN shall be loaded in common mode with a 150 Ω to 50 Ω adapter, terminated with 50 Ω . The set-up is given in Figure 8 for all coupling and decoupling devices.

NOTE 1 With direct injection, the 150 Ω load at the AE port is not required as the screen is connected to the ground reference plane at the AE port side.

Using the above-mentioned set-up, the test generator shall be adjusted to yield the following reading on the measuring equipment.

$$U_{mr} = U_0/6 \pm 25 \%, \text{ in linear quantities, or}$$

$$U_{mr} = U_0 - 15,6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB in logarithmic quantities.}$$

The setting has to be performed for each individual coupling and decoupling device. The control parameters of the test generator setting (software parameters, attenuator setting, etc.) shall be recorded and used for testing.

NOTE 2 U_0 is the test voltage specified in Table 1 and U_{mr} is the measured voltage as defined in 3.11 and Figure 8. To minimize testing errors, the output level of the test generator is set by setting U_{mr} with 150 Ω loads and not by setting U_0 .

NOTE 3 The factor 6 (15,6 dB) arises from the e.m.f. value specified for the test level. The matched load level is half the e.m.f. level and the further 3:1 voltage division is caused by the 150 Ω to 50 Ω adapter terminated by the 50 Ω measuring equipment.

When the level setting for current clamps is carried out in a 50 Ω test environment (see A.1), the voltage, U_{mr} appearing across the 50 Ω load shall be 6 dB less than the test level required. In this case, the measured voltages or resulting currents in the 50 Ω test jig are equal to:

$$U_{mr} = (U_0/2) \pm 25 \%, \text{ in linear quantities}$$

or

$$U_{mr} = U_0 - 6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB in logarithmic quantities.}$$

7 Test set-up for table-top and floor-standing equipment

The equipment to be tested is placed on an insulating support of 0,1 m height above a ground reference plane. All cables exiting the EUT shall be supported at a height of at least 30 mm above the ground reference plane.

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

Where coupling and/or decoupling devices are required, they shall be located between 0,1 m and 0,3 m from the EUT. This distance is to be measured horizontally from the projection of the EUT on to the ground reference plane to the coupling and/or decoupling device. See Figures 6, 9 and 10. Subclauses 7.1 to 7.7 provide more detailed information.

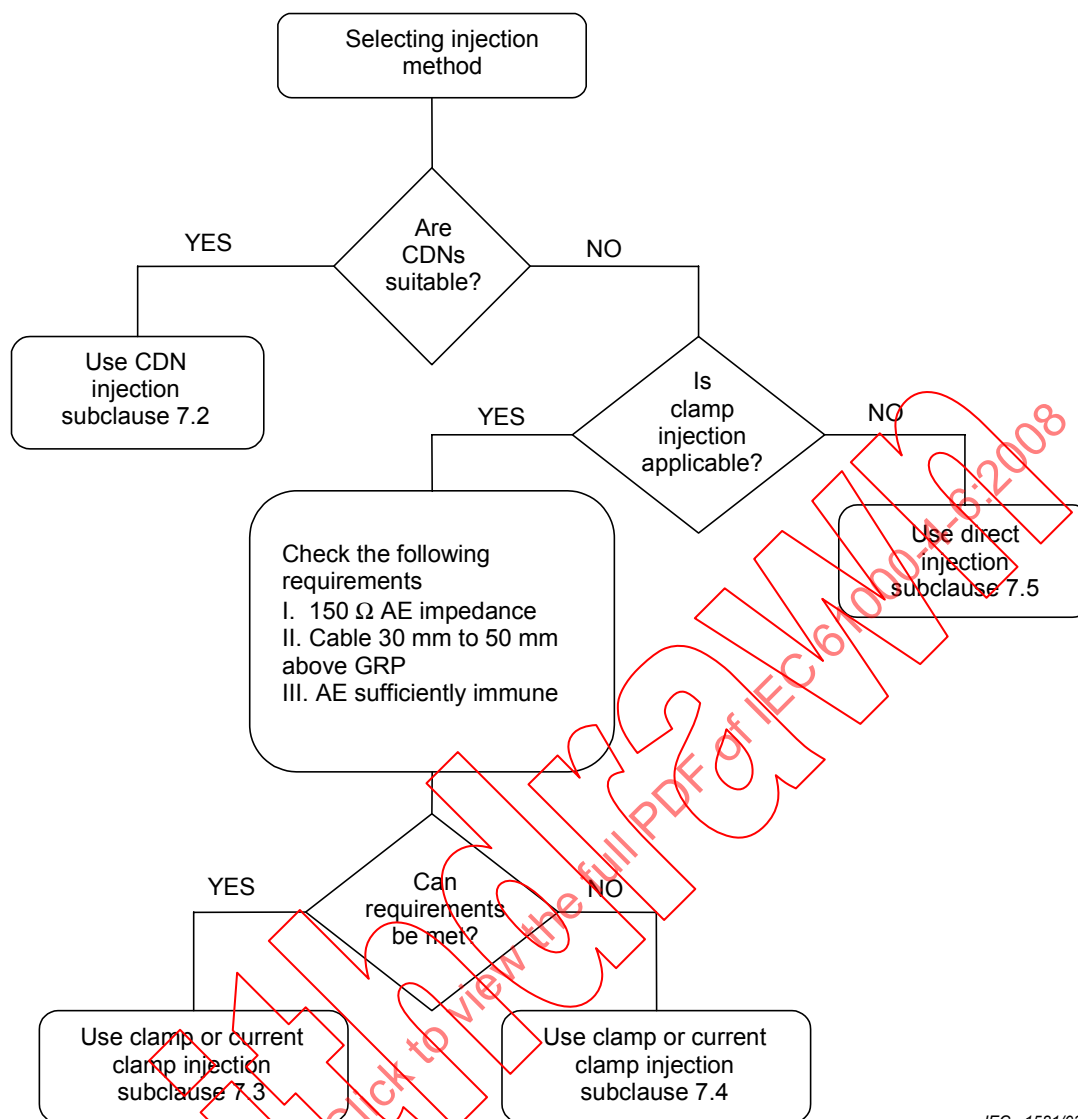
7.1 Rules for selecting injection methods and test points

For selecting the type and number of cables to be provided with coupling and decoupling devices, the physical configuration of typical installation conditions shall be considered, e.g. the likely length of the longest cables.

For all tests, the total cable length between the EUT and AE (including the internal cabling of any CDN being used) shall not exceed the maximum length specified by the manufacturer of the EUT.

7.1.1 Injection method

Figure 1 gives rules for selecting the injection method.



IEC 1581/03

Figure 1 – Rules for selecting the injection method

Where not specified herein, the EUT including selected cables for testing shall be configured, installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. CDNs not listed in this standard, but meeting the requirements of this standard, may also be used.

When several cables coming from the EUT are in close proximity over a length of more than 10 m or are routed from the EUT to another equipment in a cable tray or conduit, they should be treated as one cable.

If a product committee decides that a certain kind of coupling and decoupling device is more appropriate for cables connected to a particular family of products, then that choice (justified on a technical basis) takes precedence. These devices shall be described in the product standard. Examples of CDNs are described in Annex D.

7.1.2 Ports to be tested

In any one test, only two 150 Ω networks are required. The network used for injection of the test signal can be moved between different ports as they are tested. When a CDN is removed from a port, it may be replaced by a decoupling network.

If the EUT has multiple identical ports (same input or output electronic circuits, loads, connected equipment, etc.), at least one of these ports shall be selected for testing to ensure that all different types of ports are covered.

7.2 Procedure for CDN injection application

When using the CDN injection, the following measures need to be taken.

- If the AE is located above the GRP, then it is to be placed 0,1 m above the GRP.
- One CDN shall be connected to the port intended to be tested and one CDN with 50 Ω termination shall be connected to another port. Decoupling networks shall be installed on all other ports to which cables are attached. In this manner there is only one loop terminated with 150 Ω at each end.
- The CDN to be terminated shall be chosen according to the following priority:
 - 1) CDN-M1 used for connection of the earth terminal;
 - 2) CDN-S_n ($n = 1,2,3,\dots$), which is closest to the injection point (shortest geometrical distance to the tested port);
 - 3) CDN-M2, CDN-M3, CDN-M4, or CDN-M5 used for mains;
 - 4) Other CDN, which is closest to the injection point (shortest geometrical distance to the tested port).
- If the EUT has only one port, that port is connected to the CDN used for injection.
- If at least one AE is connected to the EUT and only one CDN can be connected to the EUT, one port of the AE shall be connected to a CDN terminated with 50 Ω in accordance with the above-mentioned priority and other connections to the AE shall be decoupled.

7.3 Procedure for clamp injection when the common-mode impedance requirements can be met

When using clamp injection, the AE set-up shall present the common-mode impedance as required in 6.2 as closely as possible. Each AE used with clamp injection shall represent the functional installation conditions as closely as possible. To approximate the required common-mode impedance the following measures need to be taken.

- Each AE, used with clamp injection, shall be placed on an insulating support 0,1 m above the ground reference plane.
- A decoupling network shall be installed on each cable between the EUT and AE except the cable under test.
- All cables connected to each AE, other than those being connected to the EUT, shall be provided with decoupling networks, see 6.2.4 and Figure 6.
- The decoupling networks connected to each AE (except those on cables between the EUT and AE) shall be applied no further than 0,3 m from the AE. The cable(s) between the AE and the decoupling network(s) or in between the AE and the injection clamp shall not be bundled nor wrapped and shall be kept between 30 mm and 50 mm above the ground reference plane (Figure 6).
- At one end of the cable under test is the EUT, and at the opposite end is the AE. Multiple CDNs can be connected to the EUT and to the AE; however, only one CDN on each of the EUT and AE shall be terminated in 50 Ω . The termination of the CDN shall be chosen according to the priority in 7.2.
- When several clamps are used, the injection is carried out on each cable selected for testing one by one. The cables which are selected for testing with the injection clamp but not actually exercised shall be decoupled in accordance with 6.2.4.

In all other cases the procedure given in 7.4 should be followed.

7.4 Procedure for clamp injection when the common-mode impedance requirements cannot be met

When using clamp injection and the common-mode impedance requirements cannot be met at the AE side, it is necessary that the common-mode impedance of the AE be less than or equal to the common-mode impedance of the EUT port being tested. If not, measures shall be taken (e.g. by using a CDN-M1 or 150 Ω resistor from the AE to ground) at the AE port to satisfy this condition and to prevent resonances. In this procedure, only the relevant differences with those measures mentioned in 7.3 are given.

- Each AE and EUT used with clamp injection shall represent the functional installation conditions as closely as possible, e.g. the EUT shall either be connected to the ground reference plane or placed on an insulating support (see Figures A.6 and A.7).
- By means of an extra current probe (having low insertion loss), inserted in between the injection clamp and the EUT, the current resulting from the induced voltage (set according to 6.4.1) shall be monitored. If the current exceeds the nominal circuit value $I_{\max}$ given below, the test generator level shall be reduced until the measured current is equal to the $I_{\max}$ value:

$$I_{\max} = U_0/150 \, \Omega$$

The modified test voltage level applied shall be recorded in the test report.

To ensure reproducibility, the test set-up shall be fully described in the test report.

7.5 Procedure for direct injection

When using direct injection to screened cables, the following measures need to be taken.

- The EUT shall be placed on an insulating support of 0,1 m height above the ground reference plane.
- On the cable being tested, a decoupling network shall be located between the injection point and the AE, as close as possible to the injection point. A second port shall be loaded with 150 Ω (CDN with 50 Ω termination). This port shall be chosen according to the priority in 7.2. On all other cables attached to the EUT decoupling networks shall be installed. (When left open, a CDN is considered a decoupling network.)
- The injection point shall be located between 0,1 and 0,3 m from the geometric projection of the EUT on to the ground reference plane.
- The test signal shall be injected directly on to the shield of the cable through a 100 Ω resistor (see 6.2.3).

NOTE When making direct connection to foil shields, caution needs to be exercised to ensure a good connection producing reliable test results.

7.6 EUT comprising a single unit

The EUT shall be placed on an insulating support 0,1 m above the ground reference plane. For table-top equipment, the ground reference plane may be placed on a table (see Figure 9).

On all cables to be tested, coupling and decoupling devices shall be inserted (see 7.1.2). The coupling and decoupling devices shall be placed on the ground reference plane, making direct contact with it at a distance of 0,1 m to 0,3 m from the EUT. The cables between the coupling and decoupling devices and the EUT shall be as short as possible and shall not be bundled or wrapped. Their height above the ground reference plane shall be between 30 mm and 50 mm.

If the EUT is provided with other earth terminals, they shall, when allowed, be connected to the ground reference plane through the coupling and decoupling network CDN-M1, see 6.2.1.1 (i.e. the AE port of the CDN-M1 is then connected to the ground reference plane).

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

Auxiliary equipment (AE) required for the defined operation of the EUT according to the specifications of the product committee, e.g. communication equipment, modem, printer, sensor, etc., as well as auxiliary equipment necessary for ensuring any data transfer and assessment of the functions, shall be connected to the EUT through coupling and/or decoupling devices. As far as possible, the number of cables to be tested may be limited; however, all types of physical ports should be submitted to injection.

7.7 EUT comprising several units

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

- **Preferred method:** Each sub-unit shall be treated and tested separately as an EUT (see 7.6), considering all others as AE. Coupling and decoupling devices (or CDNs) shall be placed on the cables (according to 7.1) of the sub-units considered as the EUT. All sub-units shall be tested in turn.
- **Alternative method:** Sub-units that are always connected together by short cables, i.e. ≤ 1 m, and that are part of the equipment to be tested, can be considered as one EUT. No conducted immunity test shall be performed on their interconnecting cables, these cables being regarded as internal cables of the system. See Figure 10.

The units being part of such an EUT shall be placed as close as possible to each other without making contact, all on the insulating support 0,1 m above the ground reference plane. The interconnecting cables of these units shall also be placed on the insulating support. Unterminated CDNs or decoupling devices shall be placed on all other cables of the EUT, e.g. on cables to the mains supply and auxiliary equipment (see 7.1).

8 Test procedure

The EUT shall be tested within its intended operating and climatic conditions. The temperature and relative humidity should be recorded in the test report.

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

NOTE 1 Generally, this test can be performed without using a well-shielded enclosure. This is because the disturbance levels applied and the geometry of the set-ups are not likely to radiate a high amount of energy, especially at the lower frequencies.

The test shall be performed with the test generator connected to each of the coupling devices (CDN, EM clamp, current injection probe) in turn. All other cables not under test, shall either be disconnected (when functionally allowed) or provided with decoupling networks or unterminated CDNs only.

A low-pass filter (LPF) and/or a high-pass filter (HPF), (e. g. 100 kHz cut-off frequency) may be required at the output of the test generator to prevent (higher order or sub-) harmonics from disturbing the EUT. The band stop characteristics of the low-pass filters (LPF) shall be sufficient to suppress the harmonics so that they do not affect the results. These filters shall be inserted after the test generator before setting the test level (see 6.1 and 6.4.1).

The frequency range is swept from 150 kHz to 80 MHz, using the signal levels established during the setting process, and with the disturbance signal 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave, pausing to adjust the RF signal level or to change coupling devices as necessary. Where the frequency is swept incrementally, the step size shall not exceed 1 % of the preceding frequency value. The dwell time of the amplitude modulated carrier at each

frequency 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 0,5 s. The sensitive frequencies (e.g. clock frequencies) shall be analyzed separately.

NOTE 2 Since the EUT may be disturbed by transients occurring during frequency stepping, provisions should be made to avoid such disturbance. For example, before the frequency change, the strength of the signal can be decreased a few dB below the test level.

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

The use of a special exercising program is recommended.

Testing shall be performed according to a test plan.

It may be necessary to carry out some investigatory testing in order to establish some aspects of the test plan.

9 Evaluation of the test results

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

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

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

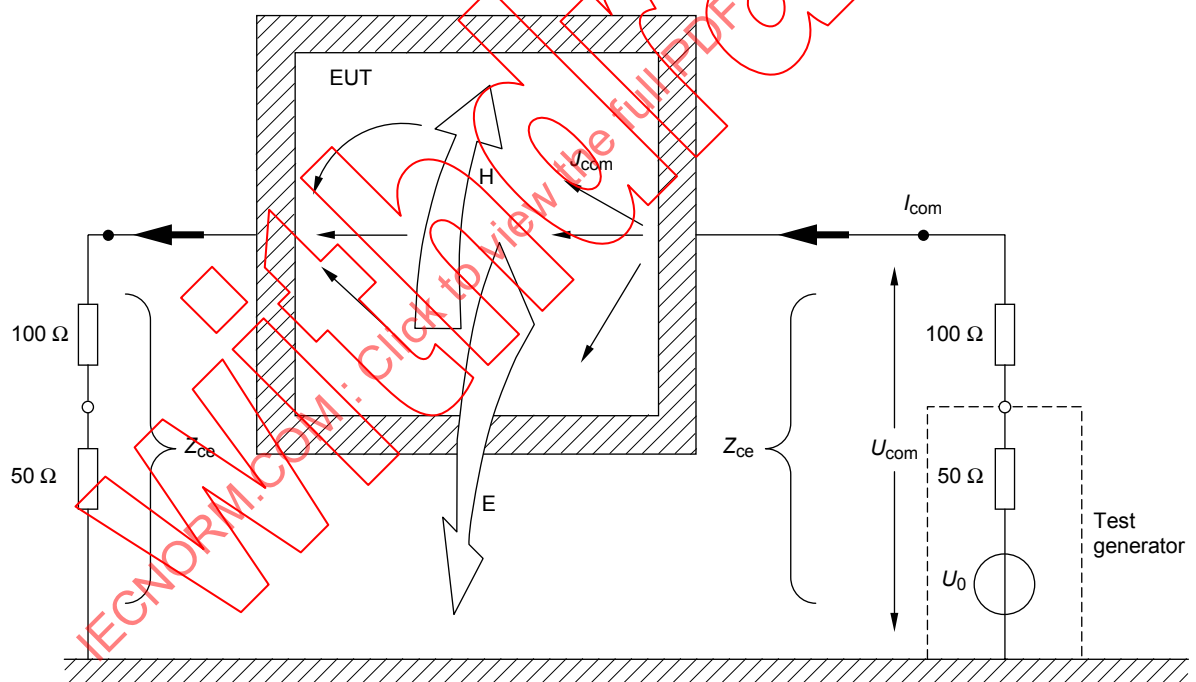
This classification may be used as a guide in formulating performance criteria, by committees responsible for generic, product and product-family standards, or as a framework for the agreement on performance criteria between the manufacturer and the purchaser, for example where no suitable generic, product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

10 Test report

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

- identification of the EUT and any associated equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- the size of the EUT;
- representative operating conditions of the EUT;
- whether the EUT is tested as a single or multiple unit;
- the types of interconnecting cables, including their length, and the interface port of the EUT to which they were connected;
- any specific conditions for use, for example cable length or type, shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance;

- the recovery time of the EUT if necessary;
- the type of test facility used and the position of the EUT, AE(s) and coupling and decoupling devices;
- identification of the test equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- the coupling and decoupling devices used on each cable and their internal cable length;
- for each injection port, indicate which decoupling devices were terminated in 50 Ω ;
- a description of the EUT exercising method;
- any specific conditions necessary to enable the test to be performed;
- the frequency range of application of the test;
- the rate of sweep frequency, dwell time and frequency steps;
- the applied test level;
- the performance level defined by the manufacturer, requestor or purchaser;
- the performance criteria that have been applied;
- any effects on the EUT observed during or after application of the test disturbance and the duration for which these effects persist;
- the rationale for the pass/fail decision (based on the performance criterion specified in the generic, product or product-family standard, or agreed between the manufacturer and the purchaser).

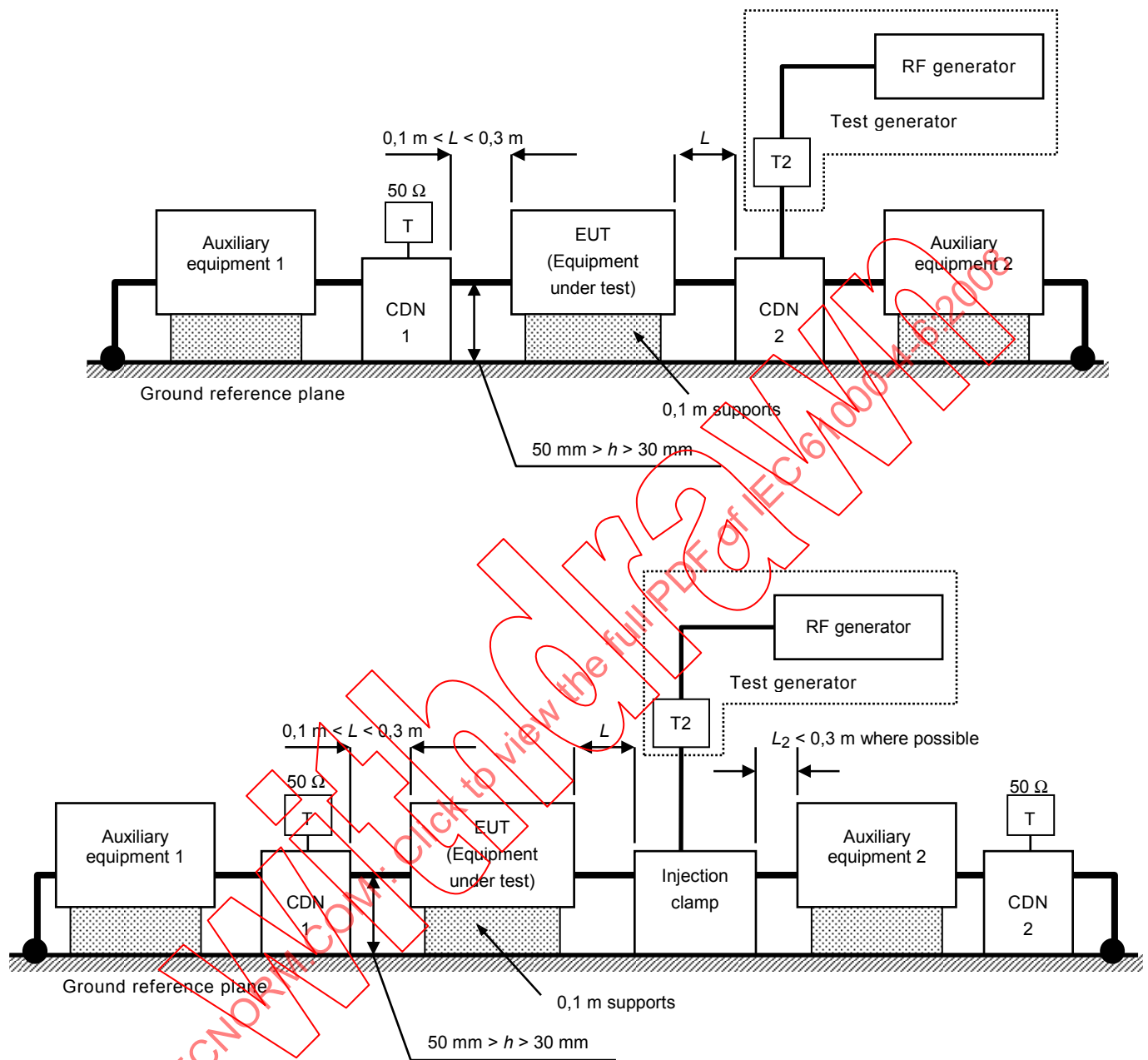


IEC 1732/08

Z_{ce}	Common-mode impedance of the coupling and decoupling network system, $Z_{ce} = 150 \Omega$
U_0	Test generator source voltage (e.m.f.)
U_{com}	Common-mode voltage between EUT and reference plane
I_{com}	Common-mode current through the EUT
J_{com}	Current density on conducting surface or current on other conductors of the EUT
E, H	Electric and magnetic fields

NOTE The 100 Ω resistors are included in the coupling and decoupling networks. The left input is loaded by a (passive) 50 Ω load and the right input is loaded by the source impedance of the test generator.

Figure 2a – Diagram showing EM fields near the EUT due to common-mode currents on its cables

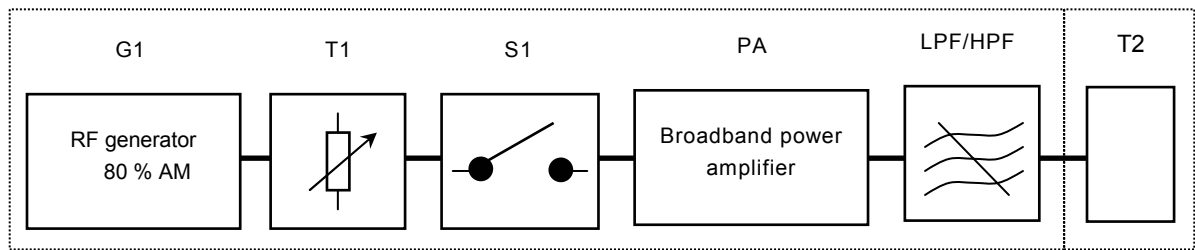


IEC 1583/03

- T termination 50Ω
 T2 power attenuator (6 dB)
 CDN coupling and decoupling network
 Injection clamp current clamp or EM clamp

Figure 2b – Schematic set-up for immunity test to RF conducted disturbances

Figure 2 – Immunity test to RF conducted disturbances

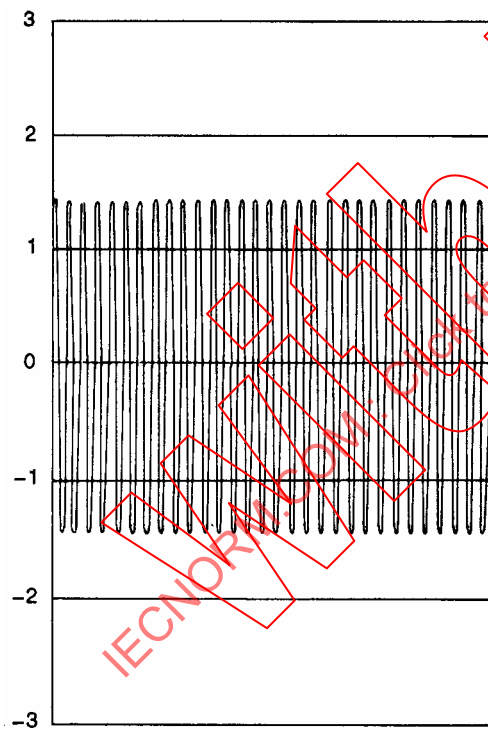


IEC 1584/03

G1 RF generator
PA Broadband power amplifier
LPF/HPF Low pass filter and/or high pass filter

T1 Variable attenuator
T2 Fixed attenuator (6 dB)
S1 RF switch

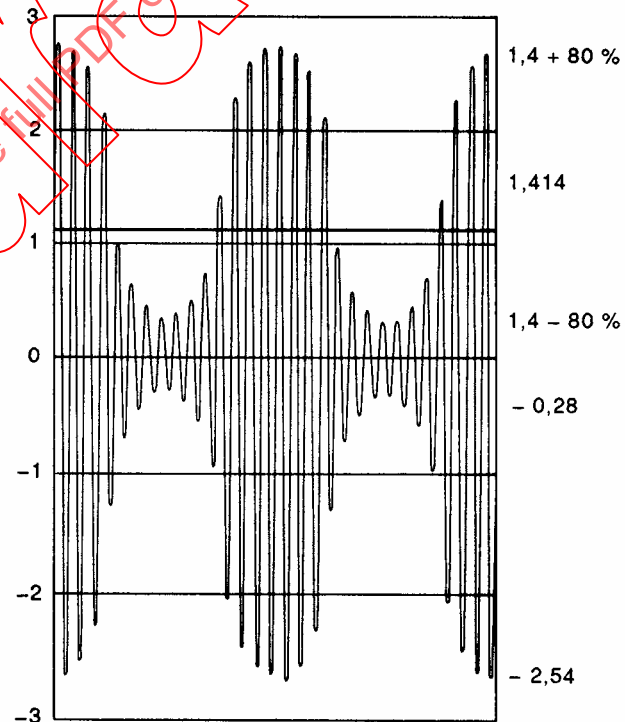
Figure 3 – Test generator set-up



IEC 222/96

Figure 4a – Unmodulated RF signal

$U_{pp} = 2,82 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,00 \text{ V}$



IEC 223/96

Figure 4b – Modulated RF signal 80 % AM

$U_{pp} = 5,09 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,12 \text{ V}$

Figure 4 – Open circuit waveforms at the EUT port of a coupling device for test level 1

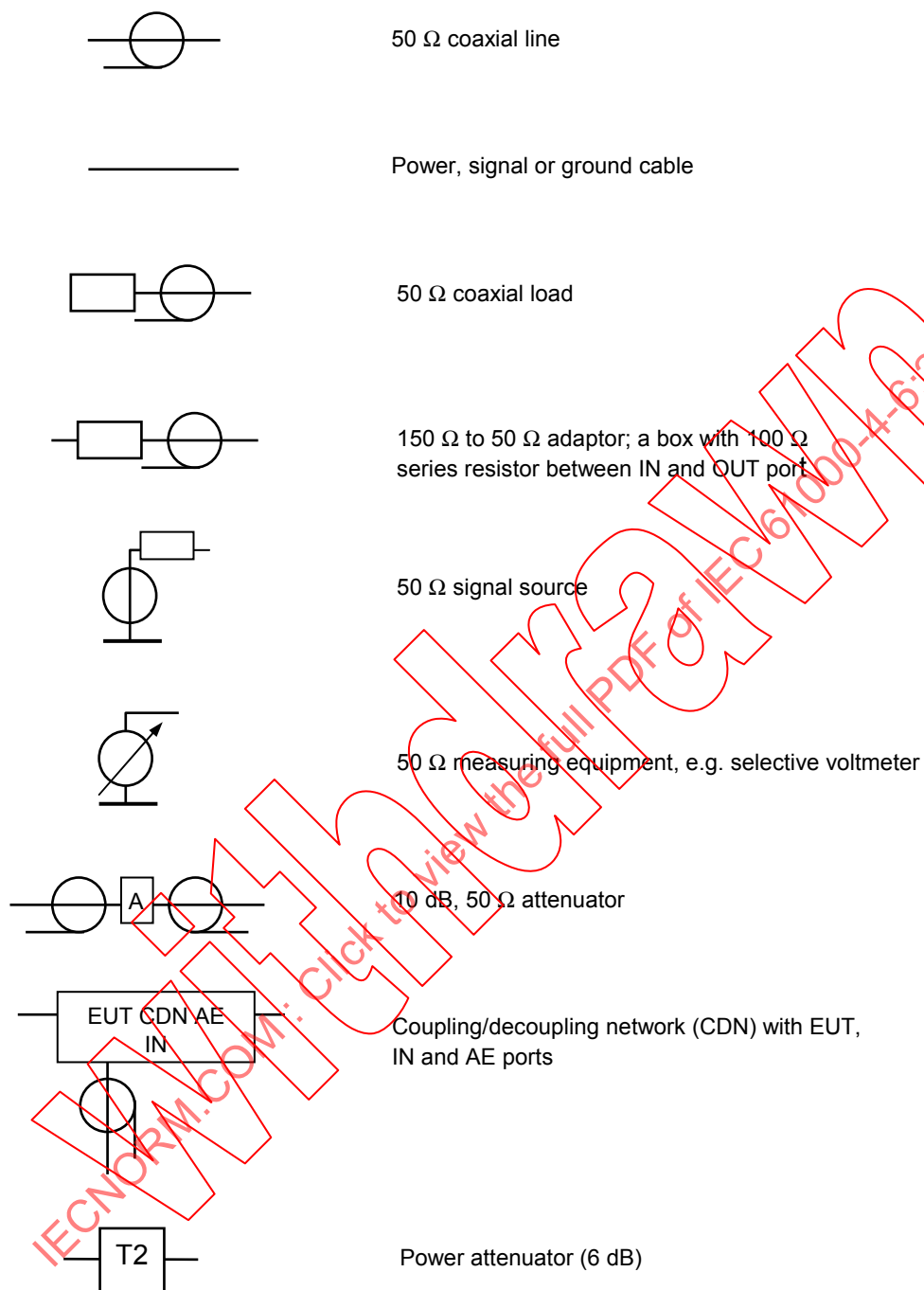


Figure 5a – List of symbols used for the indicated set-up principles

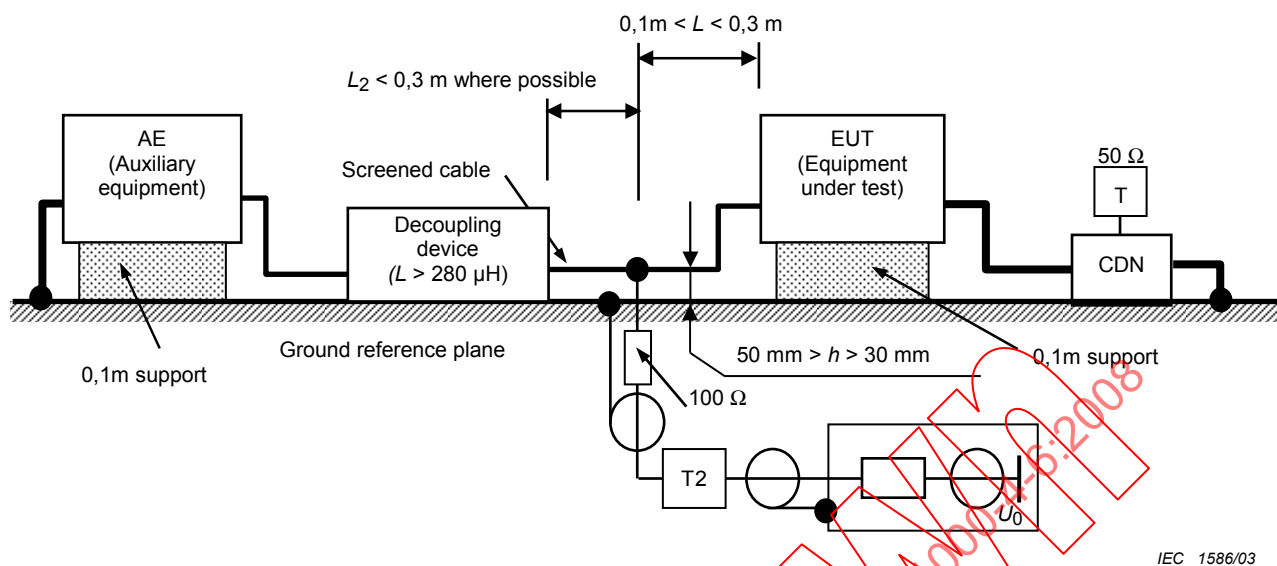


Figure 5b – Principle of direct injection to screened cables

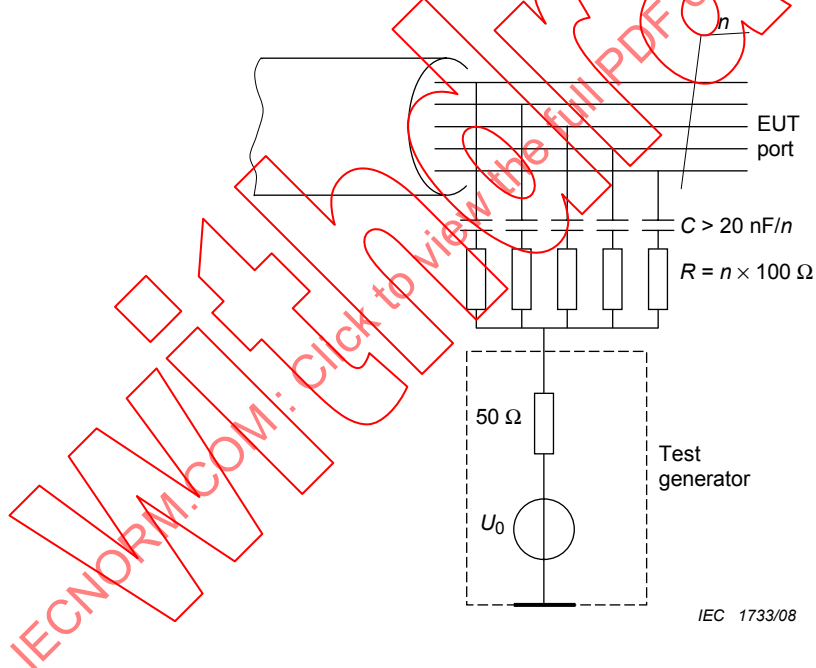
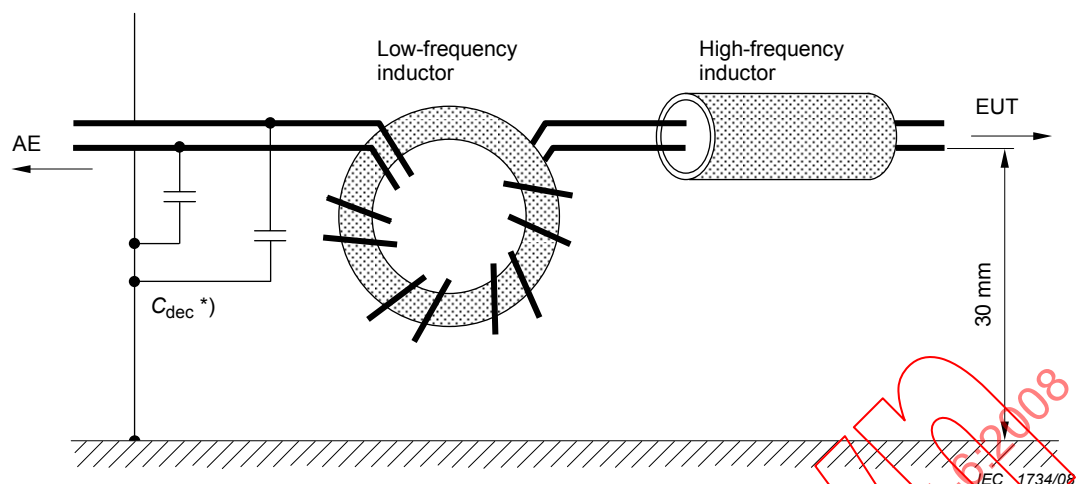


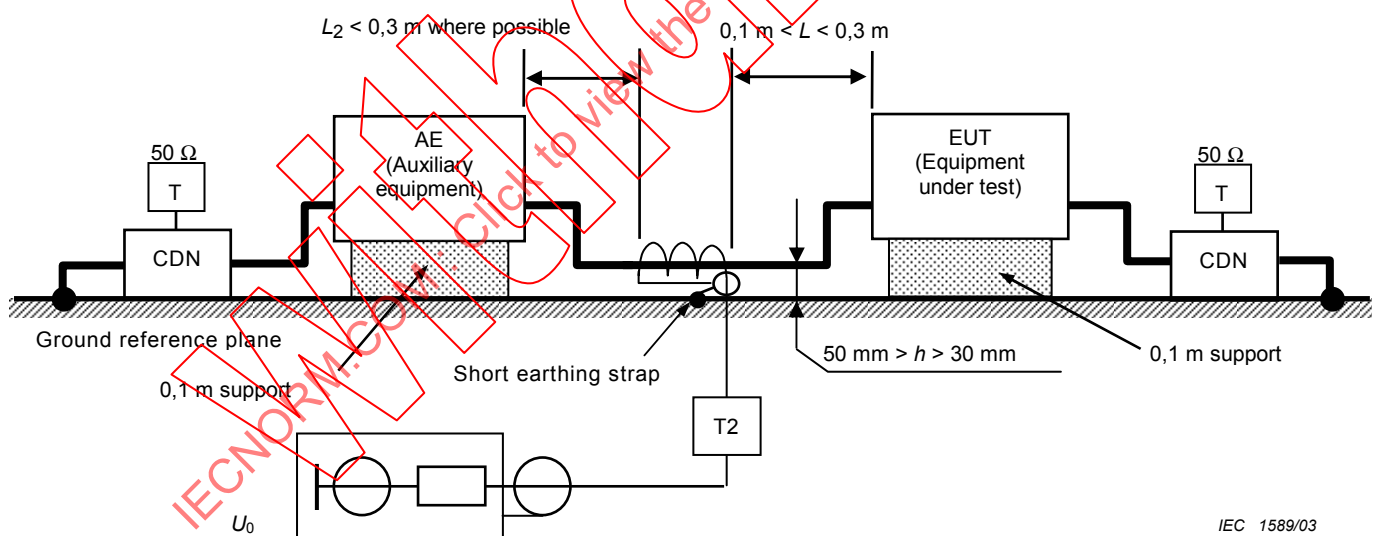
Figure 5c – Principle of coupling to unscreened cables



Example: Typically $C_{dec} = 47 \text{ nF}$ (only on unscreened cables), $L_{(150 \text{ kHz})} \geq 280 \mu\text{H}$
 Low frequency inductor: 17 turns on a ferrite toroid material: NiZn, $\mu_R = 1\,200$
 High frequency inductor: 2-4 ferrite toroids (forming a tube), material: NiZn, $\mu_R = 700$

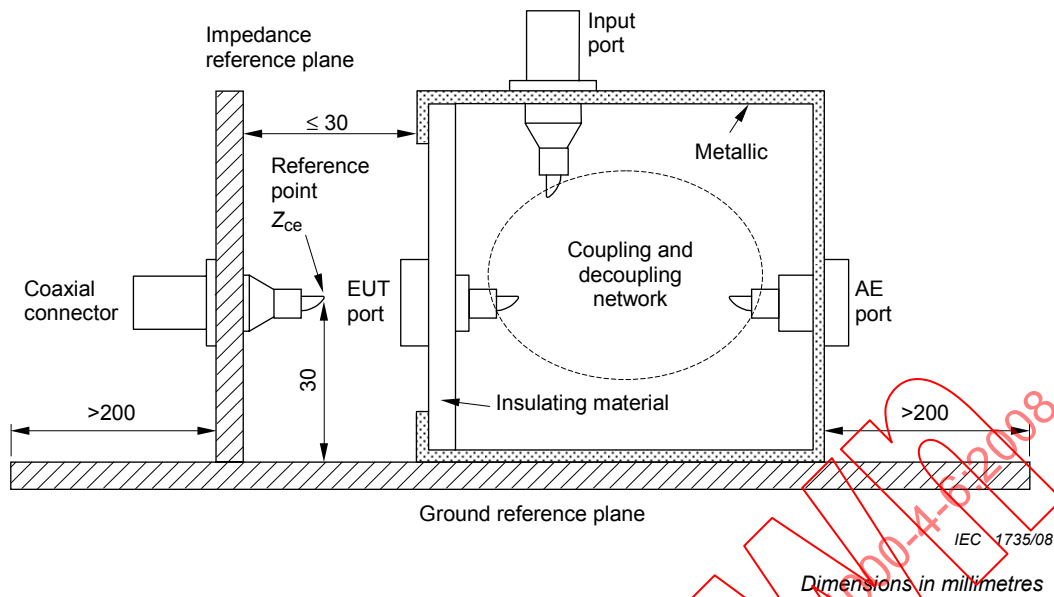
Figure 5d – Principle of decoupling

Figure 5 – Principle of coupling and decoupling



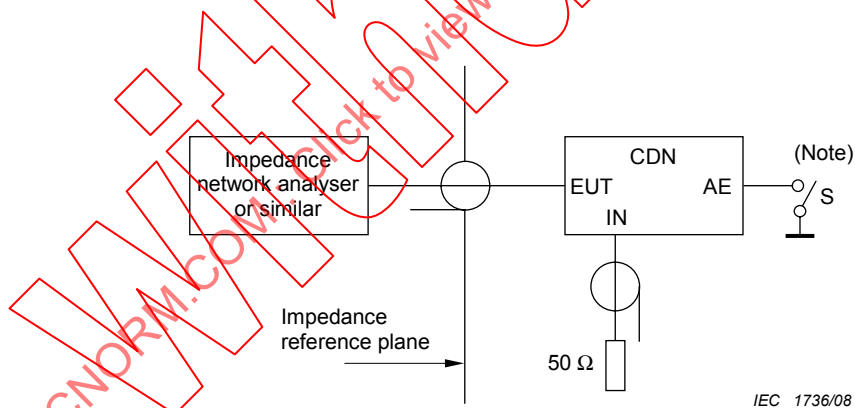
The CDN connected to the AE, e.g. CDN-M1 connected to the dedicated earth terminal or CDN-M3, shall be terminated with 50Ω at the input port (see 7.4).

Figure 6 – Principle of coupling and decoupling according to the clamp injection method



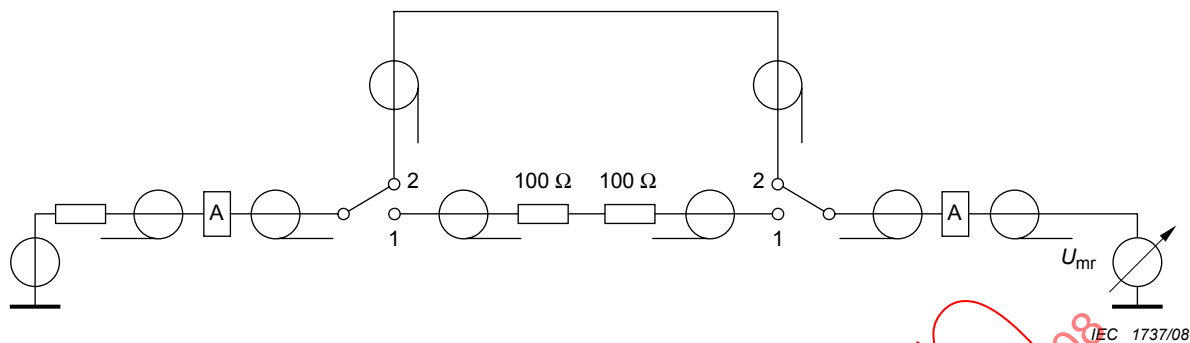
- Ground reference plane: shall exceed the projection of the coupling and decoupling devices and other components by at least 0,2 m.
- The EUT port is 30 mm high above the GRP
- Impedance reference plane (with BNC connector): 0,1 m × 0,1 m
- Both planes shall be made out of copper, brass or aluminium and must have good RF contact.

Figure 7a – Example of the set-up geometry to verify the impedance characteristics of the coupling and decoupling devices



NOTE The impedance requirement shall be met with open and closed switch S (see 6.3).

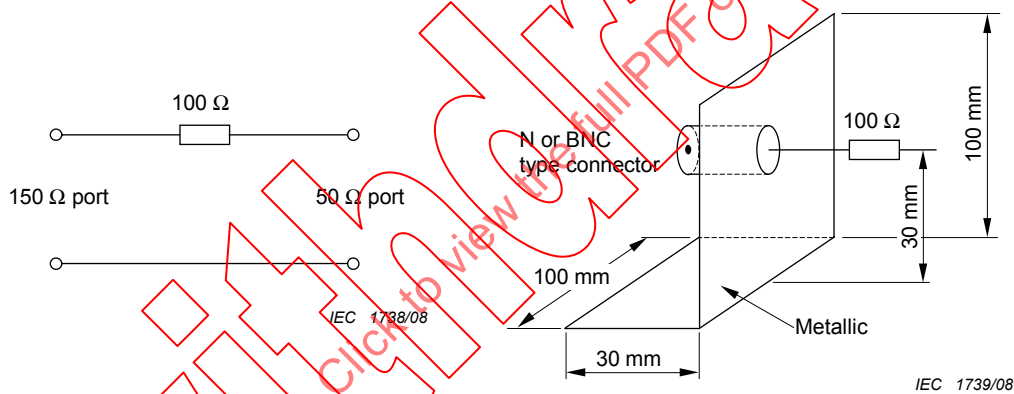
Figure 7b – Set-up principle to verify Z_{ce} of the coupling and decoupling device



Insertion loss = U_{mr} (switches position 2) – U_{mr} (switches position 1)

dB dB(μV) dB(μV)

Figure 7c – Set-up principle for measuring the insertion loss of two 150 Ω to 50 Ω adapters



NOTE Low inductance resistor: Power rating ≥ 2,5 W

Figure 7d – Circuit of the 150 Ω to 50 Ω adapter

NOTE Identical with Figure 7a (impedance reference plane), but with 100 Ω low inductance resistor added.

Figure 7e – Construction diagram of the 150 Ω to 50 Ω adapter

Figure 7 – Details of set-ups and components to verify the essential characteristics of coupling and decoupling devices and the 150 Ω to 50 Ω adapters

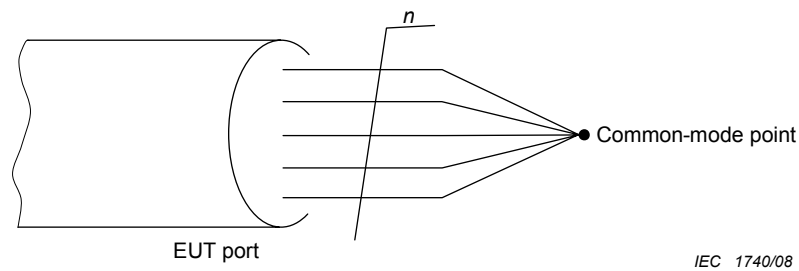


Figure 8a – Definition of a common mode point with unscreened cables

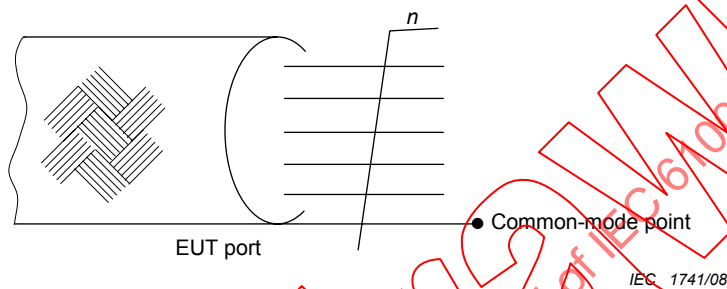
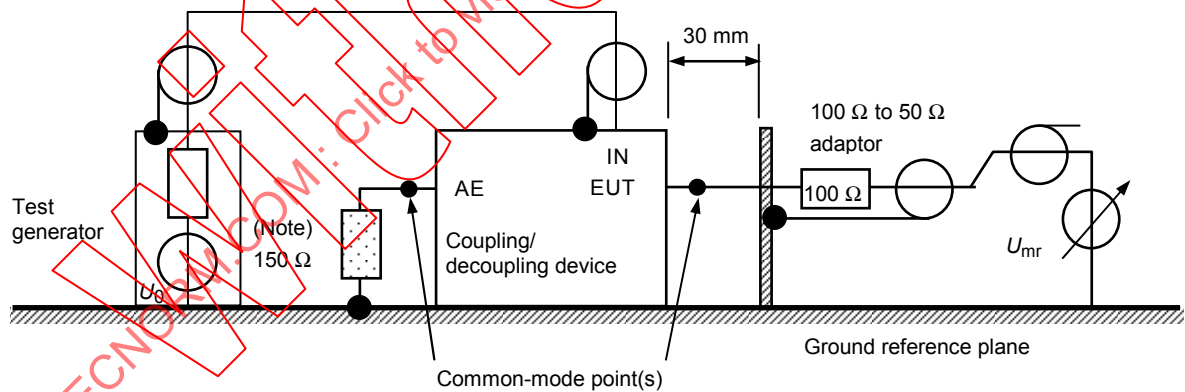


Figure 8b – Definition of a common mode point with screened cables



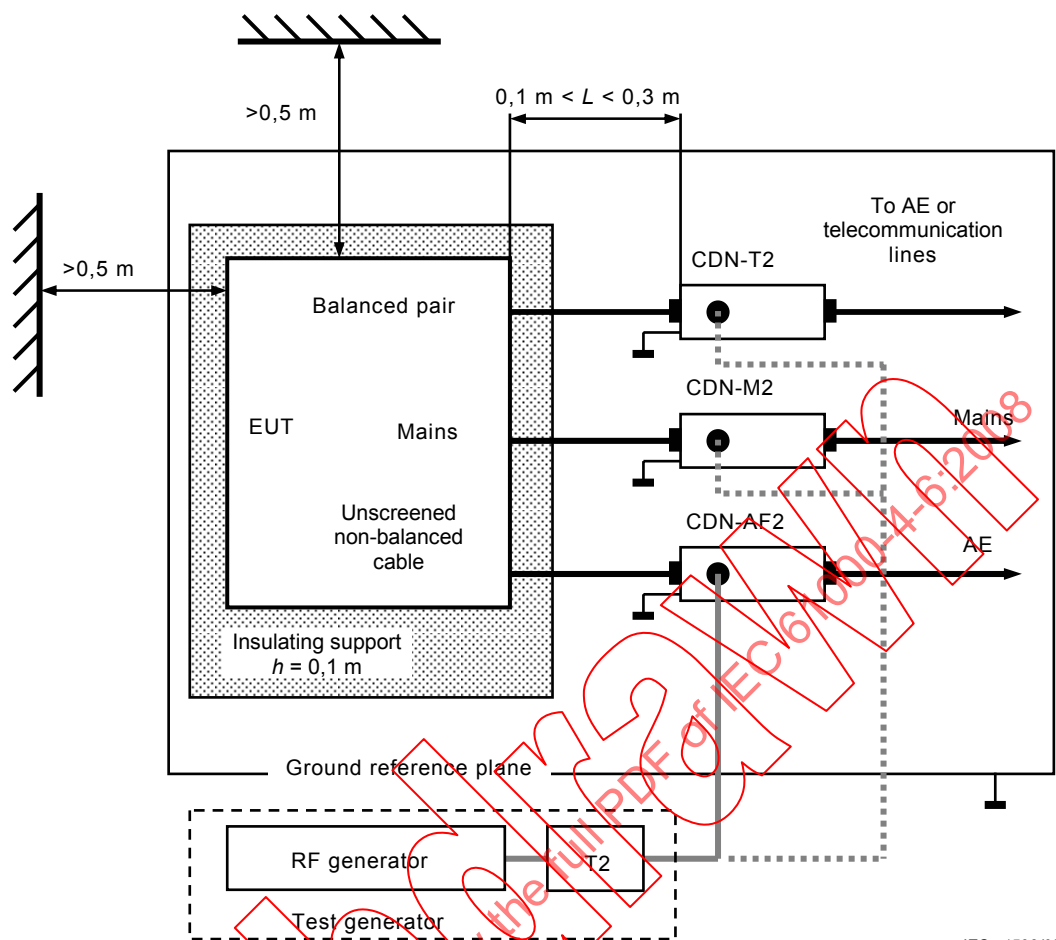
Examples of coupling and decoupling devices:

- coupling/decoupling networks (CDNs);
- direct injection network (with decoupling);
- clamp injection device (EM clamp).

NOTE The 150 Ω loading, e.g. a 150 Ω to 50 Ω adaptor terminated with a 50 Ω load, at the AE-port shall only be applied to unscreened cables (screened cables have their screens connected to the ground reference plane at the AE-side).

Figure 8c – Set-up for level setting at the EUT port of coupling/decoupling devices

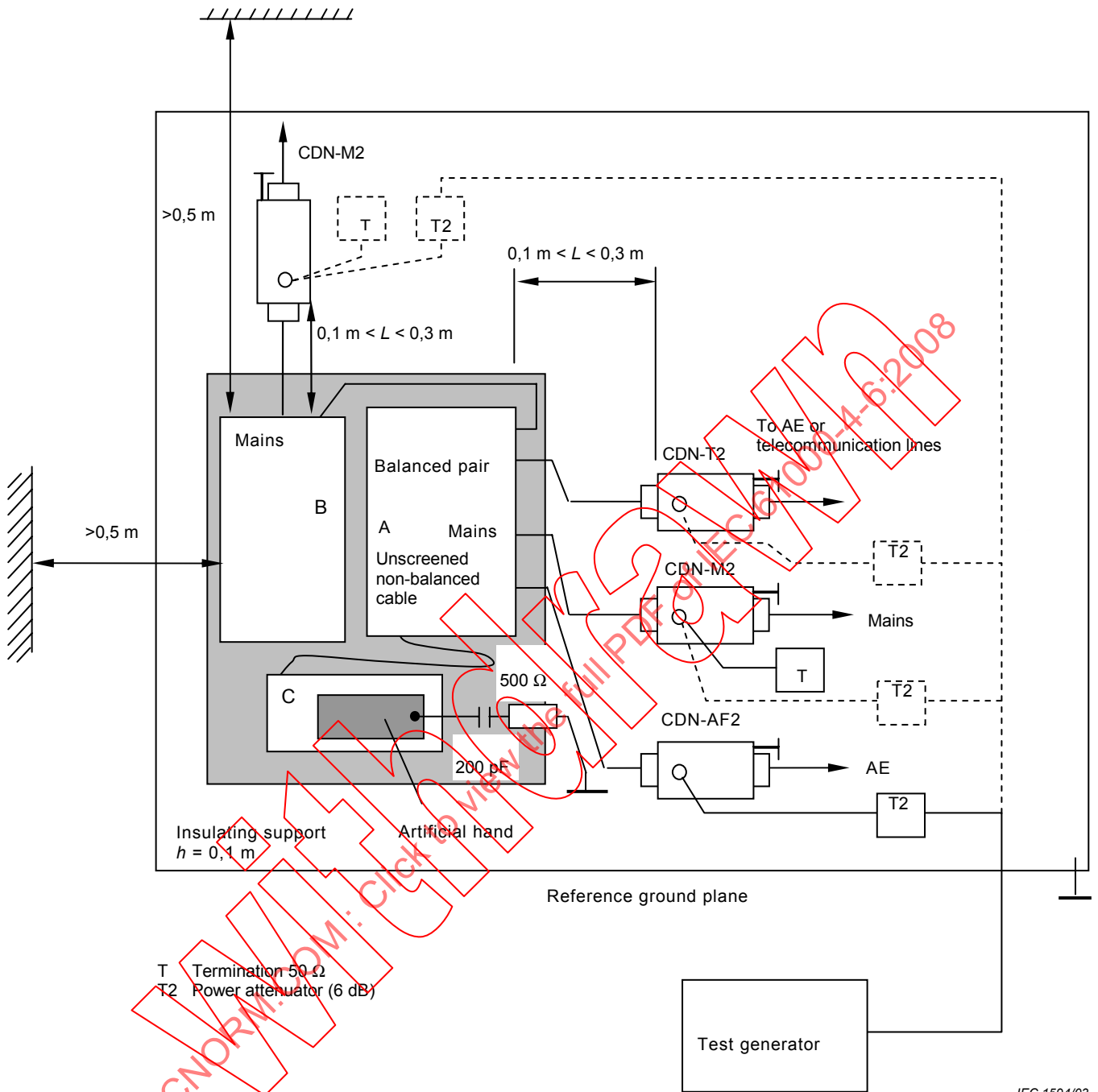
Figure 8 – Set-up for level setting (see 6.4.1)



IEC 1593/03

The EUT clearance from any metallic objects shall be at least $0,5 \text{ m}$.

Figure 9 – Example of test set-up with a single unit EUT



IEC 1594/03

The EUT clearance from any metallic obstacles shall be at least 0,5 m

Only one of the CDNs not used for injection shall be terminated with 50Ω , providing only one return path. All other CDNs shall be coupled as decoupling networks.

Interconnecting cables ($\leq 1 \text{ m}$) belonging to the EUT shall remain on the insulating support.

Figure 10 – Example of a test set-up with a multi-unit EUT

Annex A (normative)

Additional information regarding clamp injection

A.1 Current injection clamp

The required performance of the current clamp is that the transmission loss of the test jig shall not exceed 1 dB when tested in a 50 Ω system with a current clamp installed and terminated at its input port by a 50 Ω load. A circuit of the level setting set-up is given in Figure A.1 and a drawing of the test jig is given in Figure A.2.

The signal level applied to the current injection clamp is set prior to the test. The test level setting procedure is given in 6.4.1 and Figure 8. When the level setting is not carried out in a 150 Ω impedance environment but in a 50 Ω test jig, the following procedure shall be followed.

- The screen of the cable connected to the input port of the injection clamp shall also be connected to the test jig's reference plane by a low impedance connection.
- The test jig shall be terminated at one end with a 50 Ω coaxial load and at the other end with a power attenuator with a VSWR less than 1,2 over the frequency range of interest. The power attenuator shall be connected to the 50 Ω input of an RF voltmeter or an RF spectrum analyzer.
- The output level of the generator shall be increased until the voltage level referenced to the output connector of the test jig reaches the required test level, U_0 , minus 6 dB, see 6.4.1. The output level of the generator shall be recorded at each step frequency.

A.2 EM clamp

The construction and concept of the EM clamp are given in Figures A.3, A.4 and A.5.

The EM clamp (in contrast to the conventional current injection clamp) has a directivity ≥ 10 dB, above 10 MHz, so that a defined impedance between the common-mode point of the AE and the ground reference plane is no longer required. Above 10 MHz, the behaviour of the EM clamp is similar to that of a CDN.

The level setting procedure for the EM clamp shall be carried out according to 6.4.1 in a 150 Ω environment as indicated in Figure 8.

A.3 Test set-up

To undertake the test, the clamp(s) shall be placed on the cable to be tested. The clamp shall be supplied with the test generator level previously established during the level setting procedure.

During a test, a ground connection shall be made from the screen of the input port of the current injection clamp or the earth bar of the EM clamp, to the ground reference plane (see Figures A.6 and A.7).

If, during testing, the monitored current, both with the EM clamp and with the current clamp, exceeds the nominal circuit current value (see 7.4), then the test generator output level shall be reduced until the current equals this nominal circuit current level. The reduced test generator output value level shall be recorded in the test report.

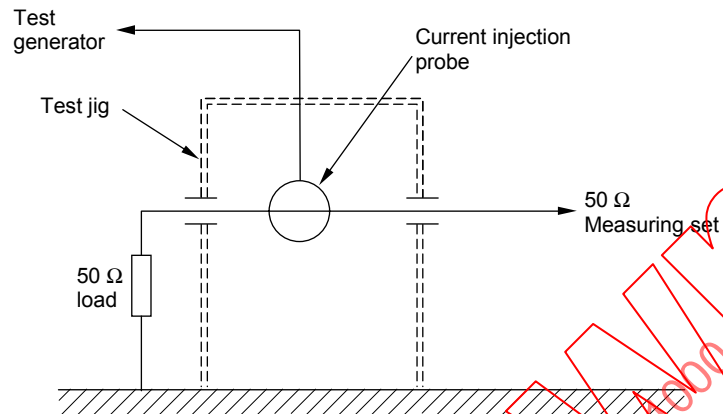
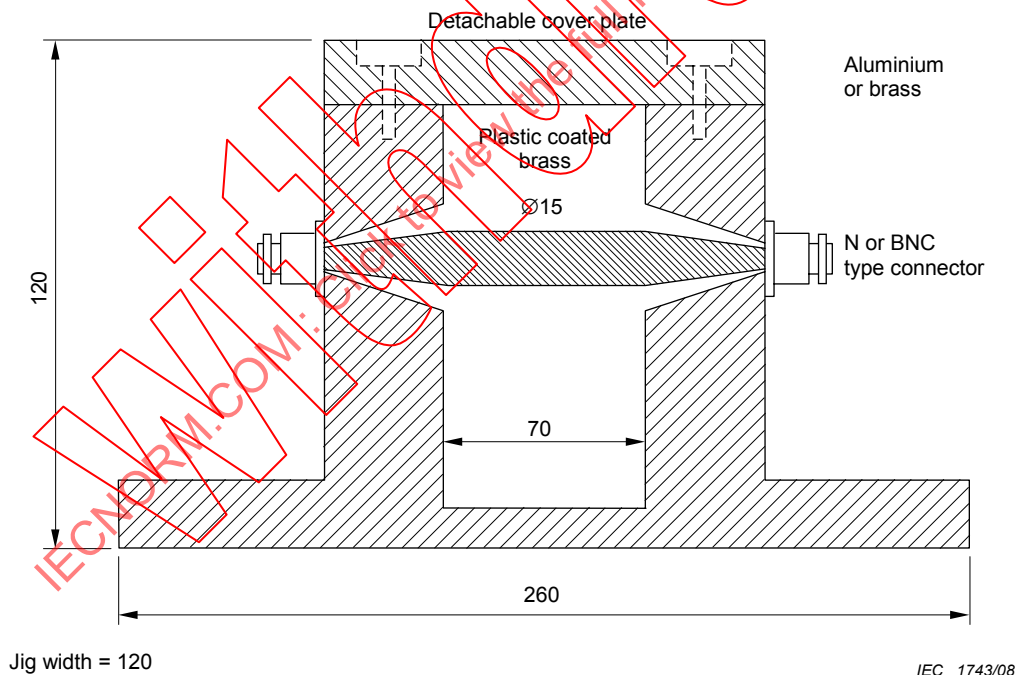
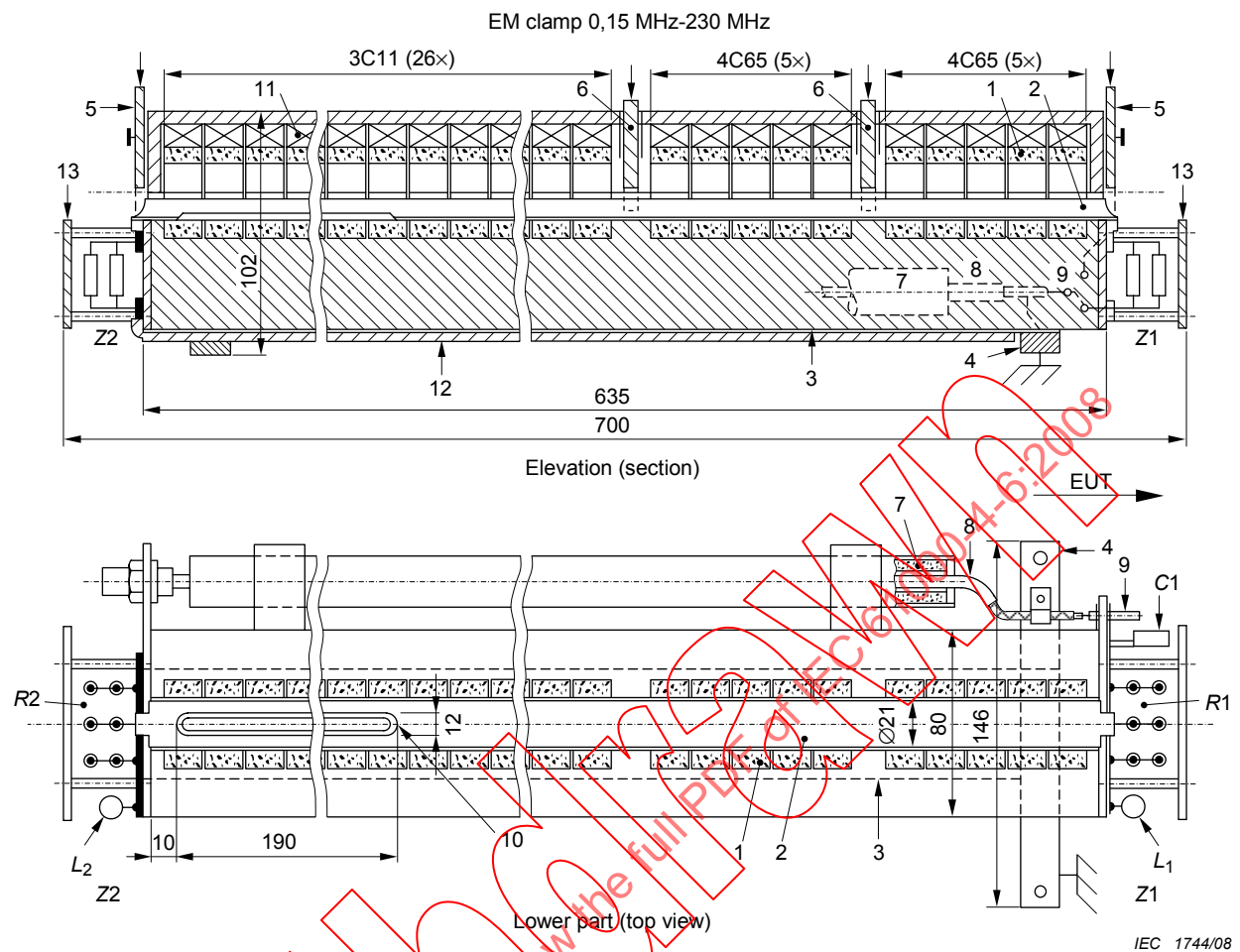


Figure A.1 – Circuit for level setting set-up in a 50 Ω test Jig



Dimensions in millimetres

Figure A.2 – The 50 Ω test jig construction

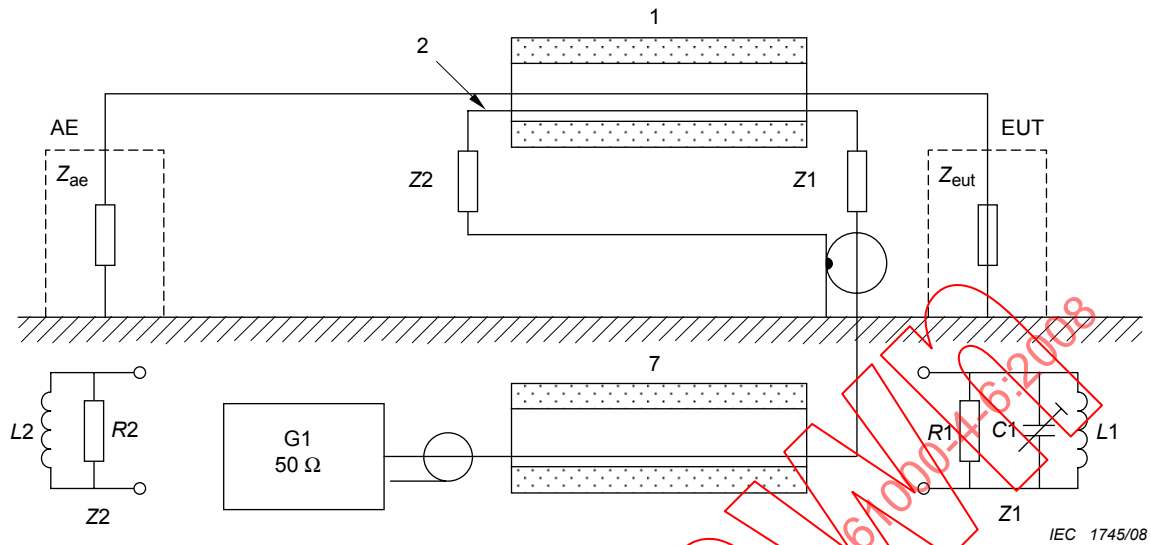


Dimensions in millimetres

Components

- 1 Ferrite ring cores $\varnothing 36 \times \varnothing 23 \times 15$ mm
10 rings, type 4C65, NiZn, $\mu \approx 100$
26 rings, type 3C11, MnZn, $\mu \approx 4\,300$
- 2 Semi-cylinder of copper foil glued to the groove
- 3 Lower conductor plate
- 4 Earth bar
- 5/6 Devices for pressing the cable under test into the groove
Parts from insulating material with pressure springs (not shown)
- 7 Ferrite tube, 4C65
- 8 Coaxial cable, 50 Ω with BNC connector
- 9 Switch for the disconnection of Z1
- 10 Slot for part No. 2
- 11 Elastic fixing of ferrite (upper semi-ring)
- 12 Lower insulating plate
- 13 Protection plate for Z1, Z2
- EUT Equipment under test
- Z1 Series impedance: C₁: 20-100 pF, L₁: 0,15 μ H, R1: 50 Ω / 12 W
- Z2 Series impedance: L₂: 0,8 μ H, R2: 50 Ω / 12 W

Figure A.3 – Construction details of the EM clamp



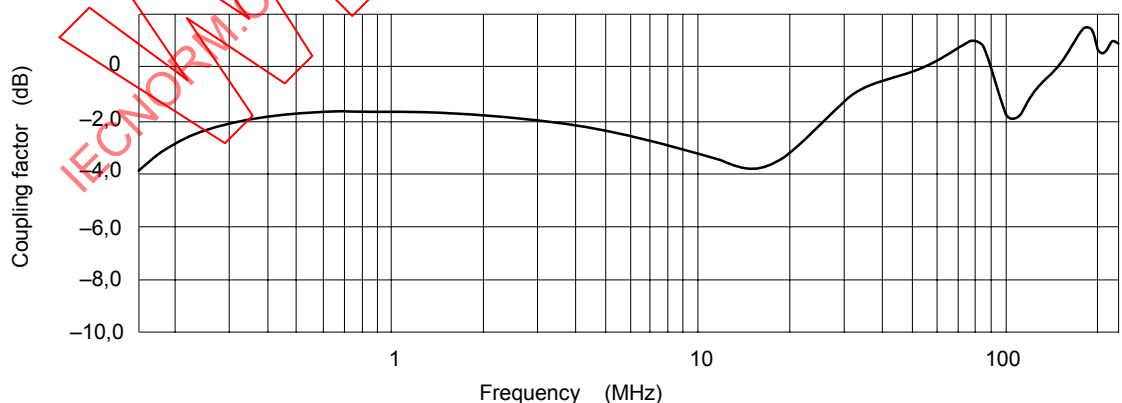
Components:

- 1 Ferrite tube (clamp) length 0,6 m, $\varnothing$ 20 mm, consisting of 10 rings, 4C65 ($\mu \approx 100$) at the EUT side and 26 rings 3C11 ($\mu \approx 4\,300$) at AE side
- 2 Semi cylinder of copper foil
- 7 Ferrite tube ($\mu \approx 100$) included in the EM clamp construction
- Z1, Z2 built in to optimize the frequency response and directivity
- G1 Test generator

Principle of the EM clamp:

- magnetic coupling by the ferrite tube (item 1);
- electric coupling by close proximity between EUT cable and copper foil (item 2).

Figure A.4 – Concept of the EM clamp (electromagnetic clamp)



Typical characteristics of a commercially available construction of the EM clamp:

- Operating frequency range: 0,15 MHz to 230 MHz
- Frequency response of the coupling factor of the EM clamp
- Direct coupling and decoupling EUT/AE ≥ 10 dB beyond 10 MHz

Figure A.5 – Coupling factor of the EM clamp

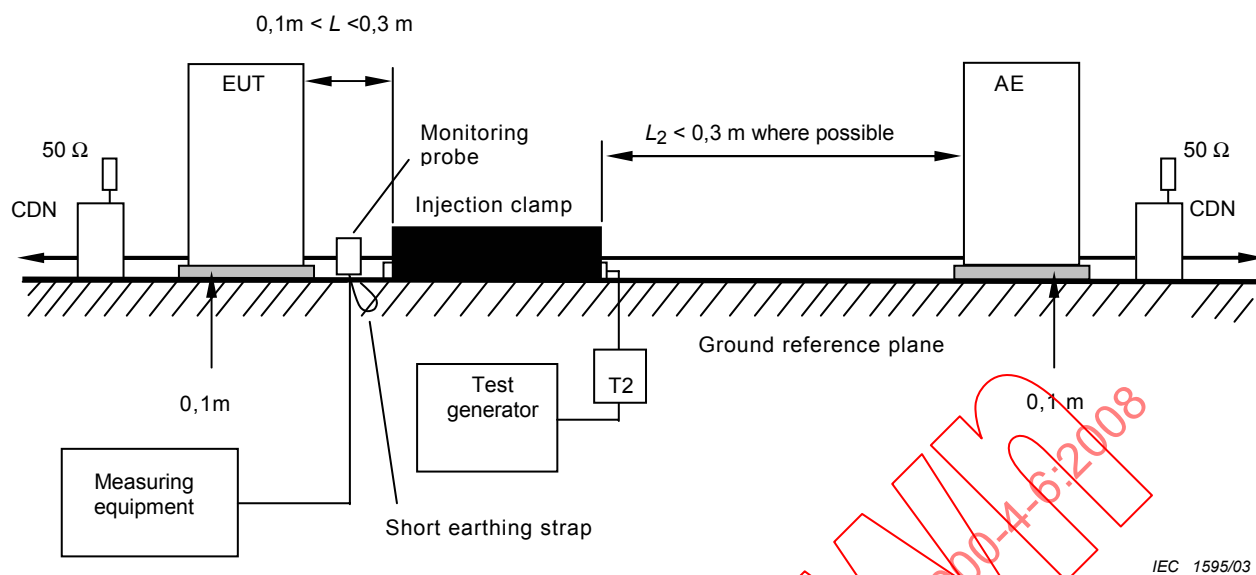
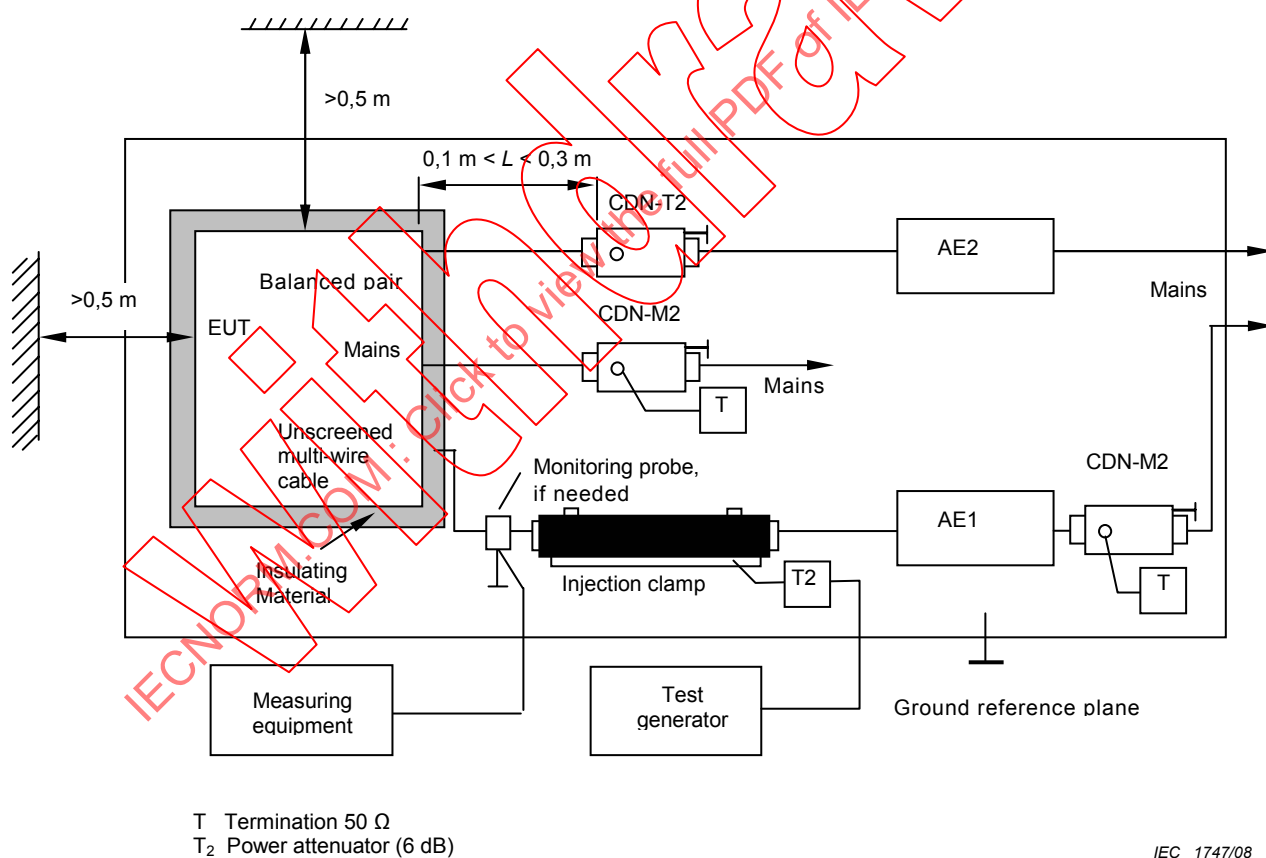


Figure A.6 – General principle of a test set-up using injection clamps



The EUT clearance from any metallic obstacles shall be at least 0,5 m.

For the test condition of CDN, refer to the Figures 2, 9 and 10.

Figure A.7 – Example of the test unit locations on the ground plane when using injection clamps (top view)

Annex B (informative)

Selection criteria for the frequency range of application

Although the requirements in the standard are specified for the frequency range 150 kHz up to 80 MHz, the applicable frequency range depends on the normal installation and operation conditions of the equipment to be tested. For example: a small battery-powered equipment with total dimensions less than 0,4 m and without any metallic cable(s) connected thereto, does not need to be tested below 80 MHz because it is unlikely that the induced RF energy resulting from the disturbing EM field will upset the device.

In general, the stop frequency will be 80 MHz. In some cases, where small-sized equipment is considered (dimension $< \lambda/4$), dedicated product standards may prescribe that the stop frequency is extended up to a maximum of 230 MHz. The coupling and decoupling devices in this case shall then meet the parameter of common-mode impedance seen at the EUT port specified in Table B.1 below. When using this test method up to higher frequencies, results are influenced by: the size of equipment, the type(s) of interconnecting cables used, and the availability of special CDNs, etc. Further guidance for proper application should be supplied in the dedicated product standards.

Table B.1 – Main parameter of the combination of the coupling and decoupling device when the frequency range of test is extended above 80 MHz

Parameter	Frequency band		
	0,15 MHz – 26 MHz	26 MHz – 80 MHz	80 MHz – 230 MHz
$ Z_{ce} $	$150 \Omega \pm 20 \Omega$	$150 \Omega + 60 \Omega - 45 \Omega$	$150 \Omega + 60 \Omega - 60 \Omega$
NOTE 1 Neither the argument of Z_{ce} nor the decoupling factor between the EUT port and the AE port are specified separately. These factors are embodied in the requirement that the tolerance of Z_{ce} shall be met with the AE-port open or short-circuited to the ground reference plane. NOTE 2 When clamp injection methods are used, without complying with the common-mode impedance requirements for the auxiliary equipment, the requirements of Z_{ce} may not be met. However, the injection clamps can provide acceptable test results when the guidance of 7.4 is followed.			

The start frequency depends on whether the equipment including its connected cables is capable of receiving a large amount of RF energy from the disturbing EM field.

Three different situations are considered.

- a) Battery-powered equipment (dimension $< \lambda/4$) which has no connection(s) to ground nor to any other equipment and which will not be used during battery charging, does not need to be tested according to this standard. If the equipment will be operated during battery charging, case b) or c) applies.

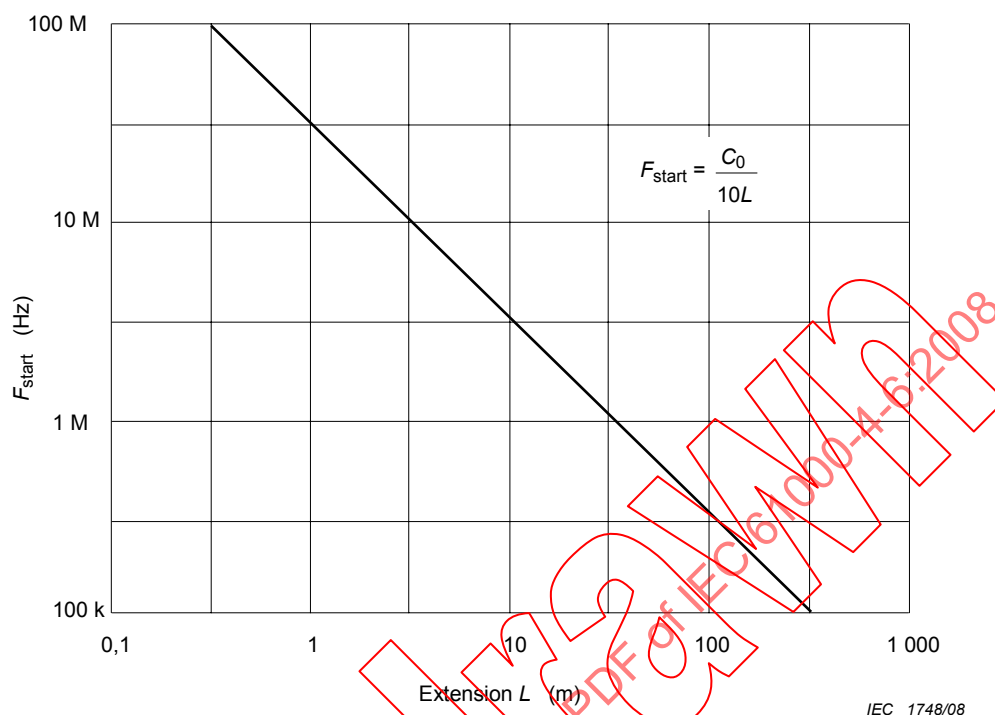
For battery-powered equipment (dimension $\geq \lambda/4$), its size, including the maximum length of the cables connected, determine the start frequency, Figure B.1.

- b) Equipment connected to a (power) mains network but not connected to any other equipment or cables.

The power supply is provided via a coupling and decoupling device and the equipment is loaded by an artificial hand. The start frequency is 150 kHz.

- c) Equipment connected to a (power) mains network which is also connected via control and I/O or telecommunication cables to other insulated or non-insulated equipment.

The start frequency is 150 kHz.



$$c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$L = \text{cable length} + \text{equipment size}$$

Examples:

- For a cable connected to a keyboard (extended dimension $\geq \lambda/4$) powered from a battery-operated personal computer, with a coiled cable having a length of 4 m, the start frequency should be 6,67 MHz. The keyboard should be covered by the artificial hand. For a mouse having just 2 m of cable, the start frequency would be 15 MHz, etc.
- A pocket calculator with an a.c./d.c. adapter option, should be tested on the mains side of the adapter from 150 kHz upwards. The pocket calculator should be covered by the artificial hand.
- A hand-held battery-supplied multimeter which can have connections to ground should be tested on its cables from 150 kHz upwards. The multimeter should be covered by the artificial hand.
- A double-insulated (mains) compact disc player which can be connected to an audio receiver, connected to insulated loudspeaker boxes, but also having an antenna input terminal which can be connected to ground should be tested on both mains supply and audio cable(s) from 150 kHz upwards.
- A burglar alarm having various insulated sensors distributed through a building, of which the maximum length of cable may extend 200 m (manufacturer's specification) should be tested on these cables from 150 kHz upwards.

Figure B.1 – Start frequency as function of cable length and equipment size

Annex C (informative)

Guide for selecting test levels

The test levels should be selected in accordance with the electromagnetic radiation environment to which the EUT and cables may be exposed when finally installed. The consequences of failure should be borne 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 may be possible to measure the actual field strength at the location(s) concerned.

For equipment intended for operation in a variety of locations, the following guidelines may be followed in selecting the test level to be used.

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

Class 1: Low-level electromagnetic radiation environment. Typical level where radio/television stations are located at a distance of more than 1 km and typical level for low-power transceivers.

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. A typical commercial environment.

Class 3: Severe electromagnetic radiation environment. Portable transceivers (2 W and more) are in use relatively close to the equipment but at a distance not less than 1 m. High-powered broadcast transmitters are in close proximity to the equipment and ISM equipment may be located close by. A typical industrial environment.

Class X: X is an open level which may be negotiated and specified in the dedicated equipment specifications or equipment standards.

The test levels described are typical values which are rarely exceeded in the locations described. At some locations these values are exceeded, e.g. in the proximity of high-power transmitters or ISM equipment located in the same building. In such cases, it may be 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.

Annex D (informative)

Information on coupling and decoupling networks

D.1 Basic features of the coupling and decoupling networks

The coupling and decoupling network should provide:

- coupling of the disturbing signal to the EUT;
- stable impedance, seen from the EUT, independent of the AE common-mode impedance;
- decoupling of the AE from the disturbing signal to prevent interference of the AE;
- transparency to the wanted signal.

The required parameters for the coupling and decoupling networks in the frequency range 150 kHz to 80 MHz are given in 6.2 and examples are given in D.2.

In the Figures D.1 to D.6, the common-mode impedance, Z_{ce} , is formed by the sum of the internal resistance of the test generator ($50\ \Omega$) and the parallel combination of the resistors from the conductors of the cable under test ($100\ \Omega$). See Figure 5c. With the use of a suitable inductor L ($|\omega L| \gg 150\ \Omega$), the decoupling elements, C_2 , should not influence Z_{ce} .

The centre of the EUT port on the coupling and decoupling network should be located 30 mm above the ground reference plane. The cable between the coupling and decoupling network and the EUT can then represent a transmission-line with a characteristic impedance of about $150\ \Omega$ if located at 30 mm above the ground reference plane.

The impedance of capacitors C_1 , providing DC- and LF-separation of the test generator and the individual wires of the coupling and decoupling network, should be much less than $150\ \Omega$ in the frequency range of interest.

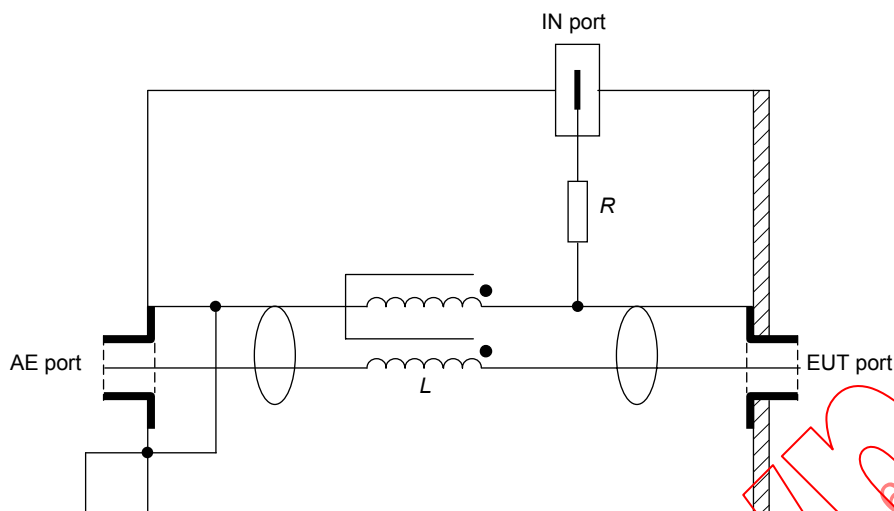
The AE is decoupled by a common-mode inductor L , and by the capacitors C_2 for unscreened cables or by a common-mode inductor L only. For screened cables, the capacitors C_2 are not needed as the screen will be connected to the ground reference plane at the AE-side.

It is essential for unscreened cable that the value of C_2 is chosen such that the wanted signal is not unduly affected. It is not permissible in coupling and decoupling network parameters to be unduly affected by the wanted signal, e.g. in CDN-M1, saturation of the ferrite(s).

Warning: Since C_1 and C_2 bridge live parts in the mains coupling and decoupling networks, suitable Y-capacitors must be used. Due to the high leakage current, the CDN shall have an earth terminal which shall be connected to the ground reference plane under all test conditions, and the ground reference plane shall be appropriately connected to the protective earth.

D.2 Examples of coupling and decoupling networks

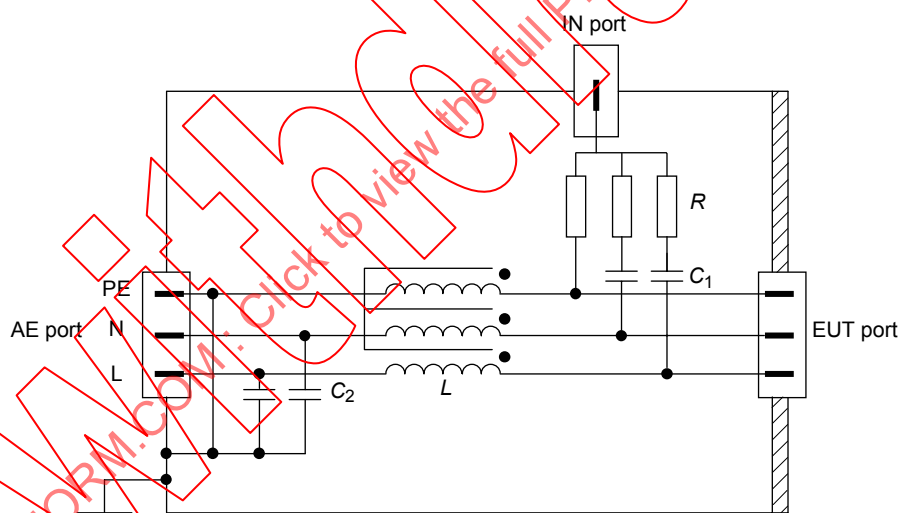
A number of possibilities are given in Figures D.1 to D.6 because it is impossible to cover all functional requirements with one coupling and decoupling network.



$R = 100 \, \Omega$

$L \geq 280 \, \mu\text{H}$ at 150 kHz

Figure D.1 – Example of a simplified diagram for the circuit of CDN-S1 used with screened cables (see 6.2.1)

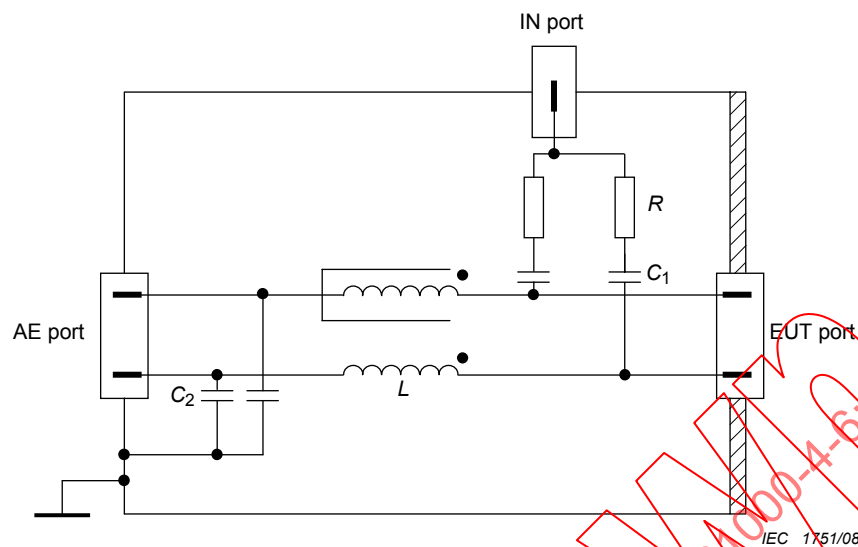


CDN-M3, C_1 (typ) = 10 nF, C_2 (typ) = 47 nF, $R = 300 \, \Omega$, $L \geq 280 \, \mu\text{H}$ at 150 kHz

CDN-M2, C_1 (typ) = 10 nF, C_2 (typ) = 47 nF, $R = 200 \, \Omega$, $L \geq 280 \, \mu\text{H}$ at 150 kHz

CDN-M1, C_1 (typ) = 22 nF, C_2 (typ) = 47 nF, $R = 100 \, \Omega$, $L \geq 280 \, \mu\text{H}$ at 150 kHz

Figure D.2 – Example of simplified diagram for the circuit of CDN-M1/-M2/-M3 used with unscreened supply (mains) lines (see 6.2.1.1)



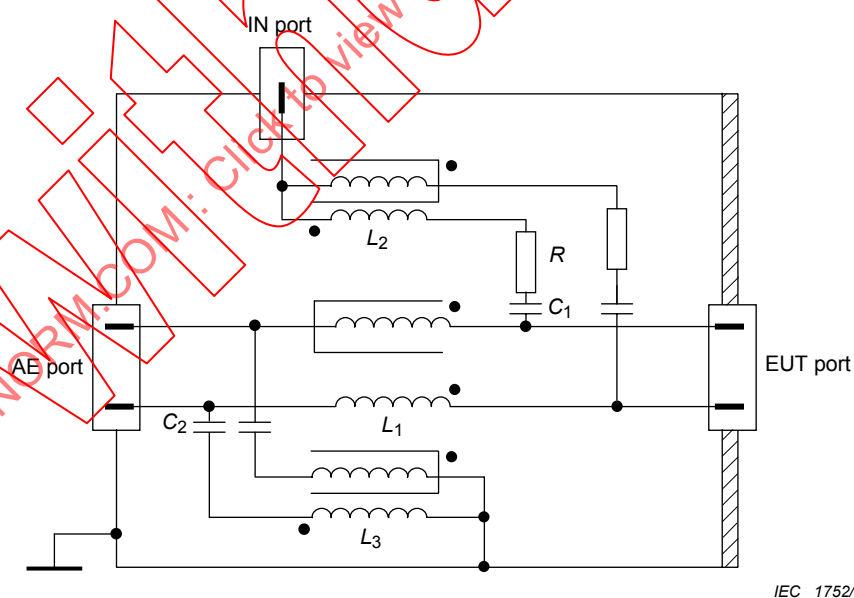
C_1 (typ) = 10 nF

C_2 (typ) = 47 nF

$R = 200 \, \Omega$

$L \geq 280 \, \mu\text{H}$ at 150 kHz

Figure D.3 – Example of a simplified diagram for the circuit of CDN-AF2 used with unscreened non-balanced lines (see 6.2.1.3)



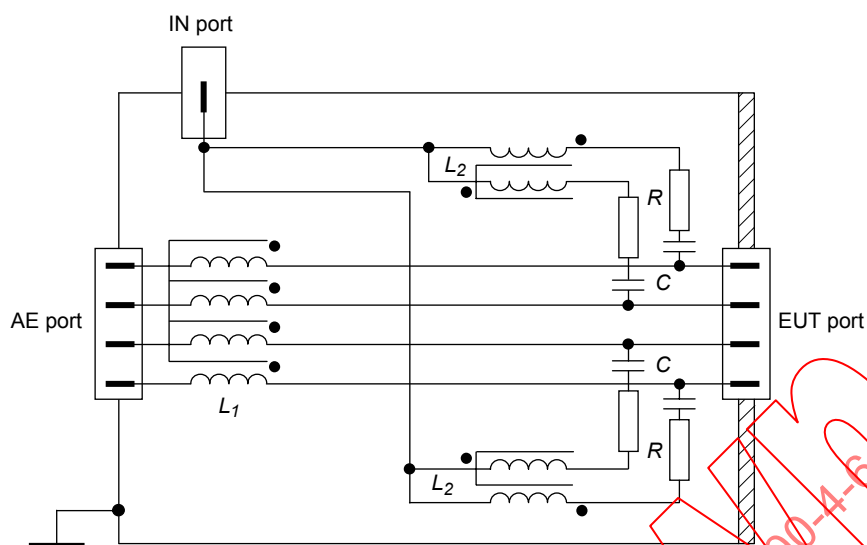
C_1 (typ) = 10 nF,

C_2 (typ) = 47 nF, $R = 200 \, \Omega$

$L_1 \geq 280 \, \mu\text{H}$ at 150 kHz

$L_2 = L_3 = 6 \, \text{mH}$ (when C_2 and L_3 are not used, $L_1 \geq 30 \, \text{mH}$)

Figure D.4 – Example of a simplified diagram for the circuit of a CDN-T2, used with an unscreened balanced pair (see 6.2.1.2)



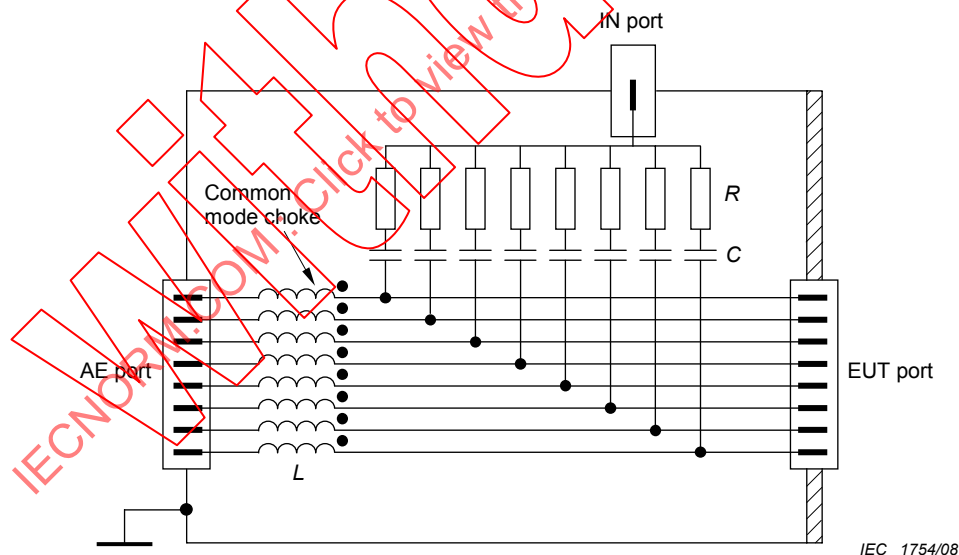
C (typ) = 5,6 nF

R = 400 Ω

$L_1 \gg 280 \mu\text{H}$ at 150 kHz

L_2 = 6 mH

Figure D.5 – Example of a simplified diagram of the circuit of a CDN-T4 used with unscreened balanced pairs (see 6.2.1.2)



C (typ) = 2,2 nF

R = 800 Ω

$L \gg 280 \mu\text{H}$ at 150 kHz

Figure D.6 – Example of a simplified diagram of the circuit of a CDN-T8 used with unscreened balanced pairs (see 6.2.1.2)

Annex E (informative)

Information for the test generator specification

The available output power of the power amplifier PA (Figure 3), is determined by taking into account the attenuator T_2 (6 dB), the amplitude modulation depth (80 %) (see Figure 4), and the minimum coupling factor of the CDN or clamp used.

Table E.1 – Required power amplifier output power to obtain a test level of 10 V

Injection device	Minimum coupling factor $\pm 1,5$ dB dB	Required power at output of PA W
CDN	0	7
Current clamp winding ratio 5:1	–14	176
EM clamp	–6	28

NOTE The coupling factor is defined in 3.5. It can be measured by using the output level setting circuit see Figure 8c. The coupling factor is the ratio between the output voltage U_{mr} , obtained when using a coupling and decoupling device in series with a 150 Ω to 50 Ω adapter and the output voltage when using two 150 Ω to 50 Ω adapters in series

Annex F (informative)

Test set-up for large EUTs

F.0 Introduction

The test set-up as described in the main body of the standard (see Clause 7) is not fully sufficient to cover the needs of some large EUTs with cables entering or exiting the EUT at heights greater than 1 m. As the upper frequency of the test signal is 80 MHz, EUT size may be considerable compared to the wavelength, and resonance effects may be present with cables that are connected to such EUTs.

In this case, this annex provides an alternative test method applicable to large EUTs that places the coupling device near to the cable entry, resulting in a small loop area with reduced resonance effects.

Examples of large EUTs to which this annex may apply include, but are not limited to, the following.

- rack-mounted telecommunication switching systems;
- electrical machinery;
- rack-mounted switch and control gear.

F.1 Test set-up for large EUTs

Examples of the test set-up for large EUTs are given in Figures F.1 and F.2.

The elevated ground reference plane shown in Figure F.1 is the reference ground plane for this test set-up. The purpose of the elevated ground reference plane is to reduce the length of cable between the EUT and CDN, thereby controlling or reducing the effects of resonances in the cables.

The size of the elevated ground reference plane shall be large enough to extend a minimum of 0,2 m beyond all CDNs used in the test. The length of cable under test between the EUT and CDN shall be a maximum 0,3 m.

The elevated ground reference plane shall be placed at a height above the main ground plane so that to allow cables from the EUT to pass to the CDNs in a horizontal alignment.

The elevated ground reference plane shall be electrically connected to earth for safety reasons. This connection is not significant from an RF point of view.

NOTE 1 Attention should be taken with the physical construction of the elevated ground reference plane and its support structure to ensure a mechanically safe condition.

The equipment to be tested should be placed on an insulating support of 0,1 m height above the ground plane. In case the equipment is delivered on a transport pallet, and if due to its excessive weight or size it cannot be safely removed from its transport pallet, then the EUT may be left on its pallet for testing even if its height exceeds 0,1 m. In case the equipment, because of size or weight, cannot be elevated 0,1 m, thinner insulation may be used provided the EUT is electrically isolated from the ground plane. Any variation from the standard method of testing shall be recorded in the test report.

The AE may be located on the elevated ground reference plane but does not need to be located on it provided the AE is connected to the EUT via a CDN. When direct injection is used, the AE may be located off of the elevated ground reference plane provided proper decoupling

is used. In the case where clamp injection is used instead of injection via a CDN, the AE must be located on the elevated ground reference plane.

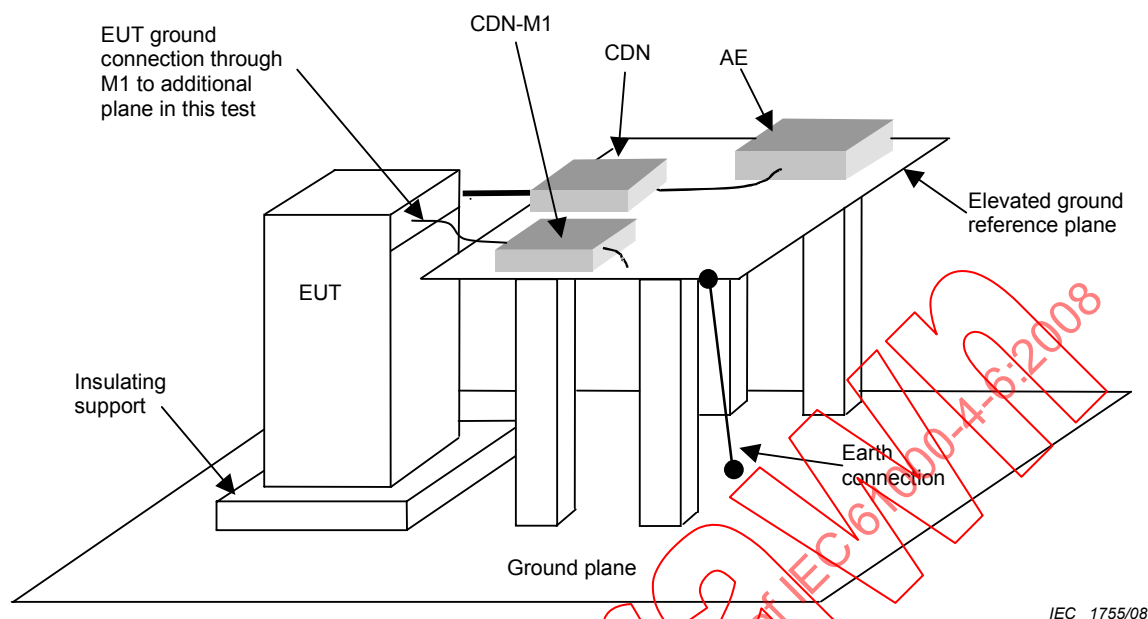


Figure F.1 – Example of large EUT test set-up with elevated horizontal ground reference plane

The vertical ground reference plane shown in Figure F.2 is the reference ground plane for this test set-up. The purpose of the vertical ground reference plane is to reduce the length of cable between the EUT and CDN, thereby controlling or reducing the effects of resonances in the cables.

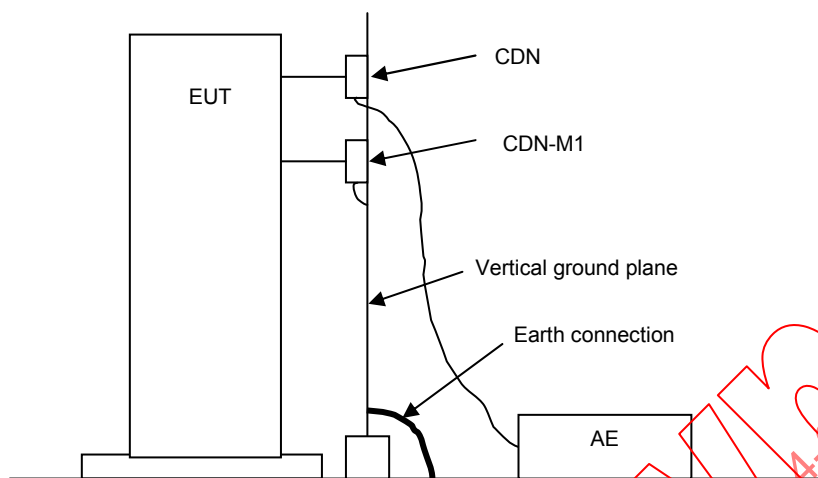
NOTE 2 The vertical ground reference plane may be more applicable than the horizontal elevated ground reference plane in cases where cables enter/exit the EUT at multiple heights.

The vertical ground reference plane shall be electrically connected to earth for safety reasons. This connection is not significant from an RF point of view.

The size of the vertical ground reference plane shall be large enough to extend a minimum of 0,2 m beyond all CDNs used in the test. The length of cable under test between the EUT and CDN shall be a maximum 0,3 m. The distance between the EUT and the vertical ground reference plane shall be such that the 0,3 m cable length requirement can be satisfied. A wall of a shielded room can be used as the vertical ground reference plane.

The CDNs shall be mounted to the vertical ground reference plane at a height that allows cables from the EUT to pass to the CDNs in a horizontal alignment.

The statements given for the test set-up using a horizontal elevated ground reference plane (i.e., insulating support and location of AE) apply for the test set-up using a vertical ground reference plane accordingly.



IEC 1356/04

**Figure F.2 – Example of large EUT test set-up
with vertical ground reference plane**

Annex G (informative)

Measurement uncertainty of test instrumentation

G.1 General

This annex gives information related to measurement uncertainty (MU) of test instrumentation according to the particular needs of the test method contained in the main body of the standard. Further information can be found in [1,2]¹.

This annex focuses on the uncertainties for level setting as an example. Other parameters of the disturbance quantity may be of equal importance and should also be considered by the test laboratory as appropriate. The methodology shown in this annex is considered to be applicable to all parameters of the disturbance quantity.

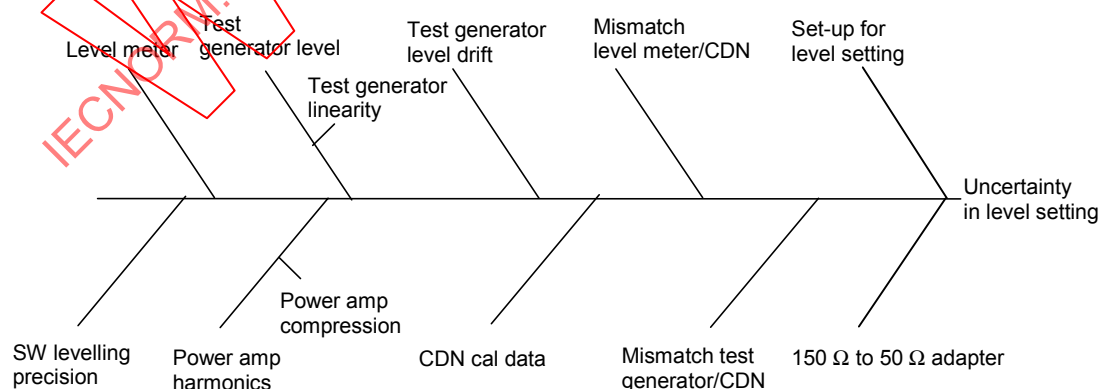
G.2 Uncertainty budgets for test methods

G.2.1 Definition of the measurand

The measurand is the voltage that would be supplied during the test into a hypothetical EUT with 150 Ω impedance, corresponding to the level setting, as in 6.4.1. (Note that 150 Ω is the typical average common mode impedance, used in EMC assessment and testing, in this frequency range).

G.2.2 MU contributors of the measurand

The following influence diagrams (Figures G.1 to G.4) give **examples** of influences upon the test method. It should be understood that the diagrams are not exhaustive. The most important contributors from the influence diagrams have been selected for the uncertainty budget Tables G.1, G.2, G.3 and G.4. At least these contributors listed in the Tables G.1 to G.4 shall be used for the calculation of the uncertainty budgets in order to get comparable budgets for different test sites or laboratories. It is noted that a laboratory may include additional contributors (for example, Type A) in the calculation of the MU, on the basis of its particular circumstances.



IEC 1756/08

Figure G.1 – Example of influences upon the test method using CDN

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography at the end of this annex.

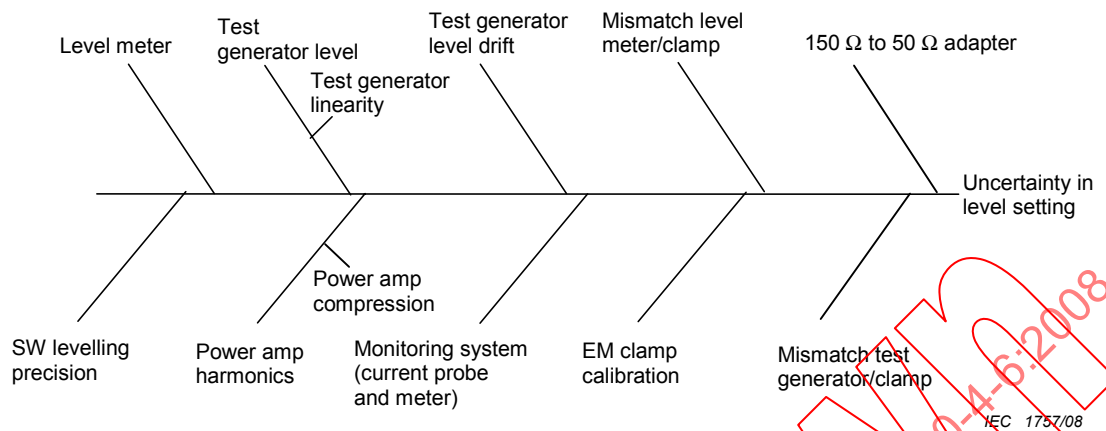


Figure G.2 – Example of influences upon the test method using EM clamp

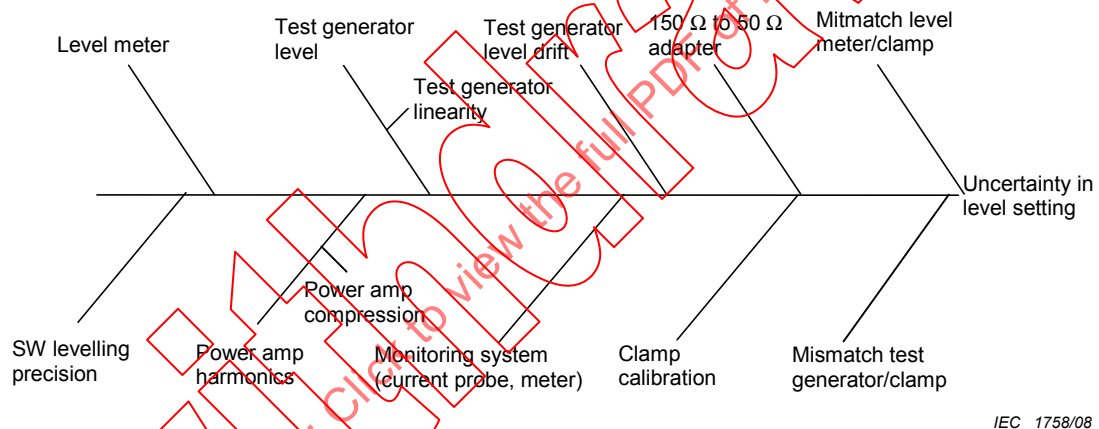


Figure G.3 – Example of influences upon the test method using current clamp

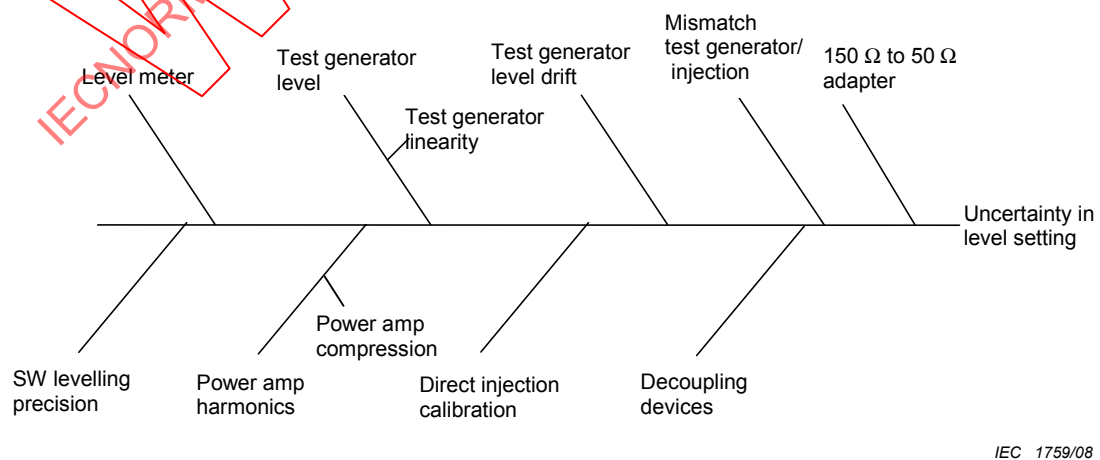


Figure G.4 – Example of influences upon the test method using direct injection

G.2.3 Calculation examples for expanded uncertainty

It must be recognized that the contributions which apply for calibration and for test may not be the same. This leads to (slightly) different uncertainty budgets for each process.

Tables G.1 to G.4 give examples of an uncertainty budget for level setting. Each uncertainty budget consists of two parts, the uncertainty for calibration and the uncertainty for test. <

Table G.1a – CDN calibration process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
RCAL	150 Ω - 50 Ω adapter, deviation	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150 Ω - 50 Ω adapter, calibration	0,2	dB	normal $k=2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
SETUP	Set-up for level setting	0,35	dB	normal $k=1$	1	0,35	dB	1	0,35	dB	0,12
LMc	Level meter	0,5	dB	rectangular	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SWc	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMCt (1,2)	Level meter in control loop	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TGc (1,2)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MTc (3)	Mismatch Test generator/CDN	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Mismatch Level meter/CDN	-0,5	dB	U-shaped	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i(y)^2$											0,40
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,63
Expanded Uncertainty (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,27 dB

Table G.1b – CDN test process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
CAL	Calibration	1,27	dB	normal $k=2$	2	0,63	dB	1	0,63	dB	0,40
LMCt (1,2)	Level meter in control loop	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TGt (1,2)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MTt (3)	Mismatch Test generator/CDN	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SWt	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
$\sum u_i(y)^2$											0,46
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,68
Expanded uncertainty $U = u(y) \times k, k = 2$											1,36 dB

NOTE 1 Either LMC or the Test Generator (TG) contributions enter into the table for calibration and/or test, depending on whether a control loop for the signal generator and amplifier output level is used or not. In this example, the test generator does not contribute to the uncertainty budget because it is part of the control loop. The contribution from the control loop is established by the level meter (see also Note 2). However, the test generator is included in the example tables to remind the test labs that they might need to consider this item depending on the lab's particular test setup. In this case a more detailed analysis of the TG contribution may be needed, see explanation of terms.

NOTE 2 If the same equipment is used for calibration and testing, then only the contributions of repeatability and linearity enter into the table for the test process. The contribution for the calibration can be neglected.

NOTE 3 If the same circuit is used for calibration and testing, then these contributions do not enter into the table.

Explanation of terms:

RCAL – is the uncertainty of the 150 Ω to 50 Ω adapter. This contribution can normally be obtained from the calibration report. Alternatively, the insertion loss can be measured using a network analyser (see Figure 7c). The maximum deviation from the specified loss (9,5 dB) and its calibration uncertainty should be included in the table. It is recommended that 0,5 dB be used if the calibration certificate states only the compliance to the tolerance.

NOTE 4 Deviations may be corrected in the software. In this case, the maximum deviation can be reduced to the interpolation uncertainty and calibration uncertainty.

NOTE 5 The impedance of the 150 Ω to 50 Ω adapter can also be measured directly, for example, using a network analyser or taken from the calibration certificate. In this case, the deviation from 100 Ω and the calibration uncertainty should be inserted in the table. The sensitivity coefficient c_i for this contribution has to be changed accordingly.

SETUP – is a combination of uncertainties introduced by the setup for level setting, i.e., calibration fixture, the connection between the CDN and the CDN adapter and the ground plane impacts, for example, contact to the ground plane. This contribution can be derived from

reproducibility tests with changing conditions or estimated on the basis of experience as shown in the example.

LM_c – is the uncertainty of the level meter, i.e., the voltmeter or power meter used for measurement of the level at the output of the CDN. It is taken from the manufacturer's specifications in the example but could be determined from other sources as well.

SW_c – is the uncertainty derived from the discrete level step size of the signal generator and software windows for level setting during the calibration process. The software window can usually be adjusted by the test lab.

LMC_c – is the uncertainty of the level meter, i.e., the voltmeter or power meter used for the control loop for the signal generator and amplifier output level. It can be taken from the manufacturer's specifications or determined from other sources.

TG_c – is the uncertainty of the test generator including frequency generator, power amplifier and attenuator. It can be taken from the manufacturer's specifications or determined from other sources.

NOTE 6 The uncertainty of the individual components of the test generator (for example, signal generator, power amplifier stability, power amplifier rapid gain variation, attenuator, etc.) may have to be assessed separately, especially where a control loop is not used in the test setup.

MT_c – is a combination of the mismatches between the amplifier, the attenuator and the CDN.

ML – is the mismatch between the CDN and the level meter.

CAL – is the expanded uncertainty of the test voltage level in the calibration process.

LMC_t – is the uncertainty of the level meter, for example, the voltmeter, used at the output of the power amplifier taken from the manufacturer's specification. Alternatively, a power meter can be used in order to obtain a lower uncertainty.

TG_t – is the uncertainty of the test generator including the frequency generator, the power amplifier and the attenuator. It can be taken from the manufacturer's specifications or determined from other sources.

NOTE 7 The uncertainty of the individual components of the test generator (for example, signal generator, power amplifier stability, power amplifier rapid gain variation, attenuator, etc.) may have to be assessed separately, especially where a control loop is not used in the test set-up.

MT_t – is a combination of the mismatches between the amplifier, the attenuator and the CDN. This contribution can be neglected if the same setup, i.e., the attenuator and cables, is used for calibration and test.

SW_t – is the uncertainty derived from the discrete level step size of the signal generator and software windows for level setting during the test process. The software window can usually be adjusted by the test laboratory.

Table G.2a – EM clamp calibration process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
RCAL	150 Ω - 50 Ω adapter, deviation	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150 Ω - 50 Ω adapter, calibration	0,2	dB	normal $k=2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
SETUP	Set-up for level setting	0,35	dB	normal $k=1$	1	0,35	dB	1	0,35	dB	0,12
LMc	Level meter	0,5	dB	rectangular	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SWc	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMCc (8,9)	Level meter in control loop	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TGc (8,9)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MTc (10)	Mismatch Test generator/clamp	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Mismatch Level meter/clamp	-0,5	dB	U-shaped	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i(y)^2$											0,40
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,63
Expanded Uncertainty (CAL) $U=u(y) \times k, k=2$											1,27 dB

Table G.2b – EM clamp test process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
CAL	Calibration	1,27	dB	normal $k=2$	2	0,63	dB	1	0,63	dB	0,40
LMCt (8,9)	Level meter in control loop	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TGt (8,9)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MTt (10)	Mismatch Test generator/clamp	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SWt	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
AETERM	AE termination	2,5	dB	rectangular	1,73	1,45	dB	1	1,45	dB	2,09
$\sum u_i(y)^2$											2,55
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,60
Expanded uncertainty $U=u(y) \times k, k=2$											3,19 dB

NOTE 8 Either LMC or the test generator (TG) contributions enter into the table for calibration and/or test, depending on whether a control loop for the signal generator and amplifier output level is used or not. In this example, the test generator does not contribute to the uncertainty budget because it is part of the control loop. The contribution from the control loop is established by the level meter (see also Note 9). However, the test generator is included in the example tables to remind the test labs that they might need to consider this item depending on the lab's particular test setup. In this case a more detailed analysis of the TG contribution may be needed. See explanation of terms.

NOTE 9 If the same equipment is used for calibration and testing, then only the contributions of repeatability and linearity enter into the table for the test process. The contribution for the calibration can be neglected.

NOTE 10 If the same circuit is used for calibration and testing, then these contributions do not enter into the table.

Explanation of terms:

Several items apply in principle as for the previous example (CDN method). These items are not explained here; the previous example should be consulted.

NOTE 11 Uncertainty related to 7.4 where a monitoring probe is used and current limitation is applied is not considered in this annex. In this case, the value of U_0 is no longer the same as that determined in the level setting procedure, but it is reduced to an unknown value. Therefore, no uncertainty can be assigned to U_0 in this case.

AETERM – is the effect of the AE impedance, which should be maintained at 150 Ω . Deviations from this value have significant influence especially in the lower frequency range (below 10 MHz), where the directivity of the EM clamp is weak. In this case, the contribution of AETERM to the uncertainty budget may be larger than the numerical value used in the examples here. A lower value may be used for frequencies above 10 MHz.

This contribution can be investigated experimentally using a network analyser. The coupling factor of the clamp can be measured for a 150 Ω AE impedance and compared to different AE impedances.

Table G.3a – Current clamp calibration process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
RCAL	150 Ω - 50 Ω adapter, deviation	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150 Ω - 50 Ω adapter, calibration	0,2	dB	normal $k=2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
JIG	Calibration jig	0,5	dB	normal $k=1$	1	0,50	dB	1	0,50	dB	0,25
LMc	Level meter	0,5	dB	rectangular	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SWc	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMCc (12,13)	Level meter in control loop	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TGc (12,13)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MTc (14)	Mismatch Test generator/clamp	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Mismatch Level meter/clamp	-0,5	dB	U-shaped	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i(y)^2$											0,53
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,73
Expanded Uncertainty (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,46 dB

Table G.3b – Current clamp test process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
CAL	Calibration	1,46	dB	normal $k=2$	2	0,73	dB	1	0,73	dB	0,53
LMCt (12,13)	Level meter in control loop	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TGt (12,13)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MTt (14)	Mismatch Test generator/clamp	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SWt	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
AETERM	AE termination	2,5	dB	rectangular	1,73	1,45	dB	1	1,45	dB	2,09
$\sum u_i(y)$											2,68
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,64
Expanded uncertainty $U = u(y) \times k, k = 2$											3,27 dB

NOTE 12 Either LMC or the test generator (TG) contributions enter into the table for calibration and/or test, depending on whether a control loop for the signal generator and amplifier output level is used or not. In this example, the test generator does not contribute to the uncertainty budget because it is part of the control loop. The contribution from the control loop is established by the level meter (see also Note 13). However, the test generator is included in the example tables to remind the test labs that they might need to consider this item depending on the lab's particular test setup. In this case, a more detailed analysis of the TG contribution may be needed. See explanation of terms.

NOTE 13 If the same equipment is used for calibration and testing, then only the contributions of repeatability and linearity enter into the table for the test process. The contribution for the calibration can be neglected.

NOTE 14 If the same circuit is used for calibration and testing, then these contributions do not enter into the table.

Explanation of terms:

Several items apply in principle as for one of the previous examples (for example, CDN method). These items are not explained here; one of the previous examples should be consulted.

NOTE 15 Uncertainty related to 7.4 where a monitoring probe is used and current limitation is applied is not considered in this annex. In this case the value of U_0 is no longer the same as that determined in the level setting procedure, but it is reduced to an unknown value. Therefore, no uncertainty can be assigned to U_0 in this case.

JIG – is a combination of uncertainties due to the calibration jig. This contribution can be derived from reproducibility tests with changing conditions or estimated based on experience as done in the example.

Table G.4a – Direct injection calibration process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
RCAL	150 Ω - 50 Ω adapter, deviation	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150 Ω - 50 Ω adapter, calibration	0,2	dB	normal $k=2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
SETUP	Set-up for level setting	0,5	dB	normal $k=1$	1	0,50	dB	1	0,50	dB	0,25
LMc	Level meter	0,5	dB	rectangular	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SWc	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMC _c (16,17)	Level meter in control loop	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TG _c (16,17)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT _c (18)	Mismatch Test generator/CDN	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Mismatch Level meter/CDN	-0,5	dB	U-shaped	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i(y)^2$											0,53
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,73
Expanded Uncertainty (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,46 dB

Table G.4b – Direct injection test process

Symbol	Uncertainty Source X_i	$U(x_i)$	Unit	Distribution	Divisor	$u(x_i)$	Unit	c_i	$u_i(y)$	Unit	$u_i(y)^2$
CAL	Calibration	1,46	dB	normal $k=2$	2	0,73	dB	1	0,73	dB	0,53
LMC _t (16,17)	Level meter in control loop	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TG _t (16,17)	Test generator	0	dB	rectangular	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT _t (18)	Mismatch Test generator/clamp	0	dB	U-shaped	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SW _t	SW levelling precision	0,3	dB	rectangular	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
DD	Decoupling devices	2,3	dB	rectangular	1,73	1,33	dB	1	1,33	dB	1,77
$\sum u_i(y)^2$											2,36
Combined uncertainty $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,54
Expanded uncertainty $U = u(y) \times k, k = 2$											3,07 dB

NOTE 16 Either LMC or TG contributions enter into the table for calibration and/or test, depending on whether a control loop for the signal generator and amplifier output level is used or not. In this example, the test generator does not contribute to the uncertainty budget because it is part of the control loop. The contribution from the control loop is established by the Level meter (see also Note 17). However, the test generator is included in the example tables to remind the test labs that they might need to consider this item depending on the lab's particular test setup. In this case a more detailed analysis of the TG contribution may be needed. See explanation of terms.

NOTE 17 If the same equipment is used for calibration and testing, then only the contributions of repeatability and linearity enter into the table for the test process. The contribution for the calibration can be neglected.

NOTE 18 If the same circuit is used for calibration and testing, then these contributions do not enter into the table.

Explanation of terms:

Several items apply in principle as for one of the previous examples (for example, CDN method). These items are not explained here; one of the previous examples should be consulted.

DD – is a combined uncertainty of the decoupling devices and the AE termination. Good decoupling gives less effect due to the AE termination, poor decoupling gives a strong effect. This contribution can be calculated from the impedance of the decoupling element.

G.3 Application

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

G.4 Bibliography

- [1] IEC TC77 document 77/349/INF, General information on measurement uncertainty of test instrumentation for conducted and radiated r.f. immunity tests
- [2] UKAS, M3003, Edition 2, 2007, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, free download, www.ukas.com.

Bibliography

IEC 60050-131:2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic circuits*

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

CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*

CISPR 20, *Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement*

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61000-4-6:2008

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61000-4-6:2008

Withdawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	61
INTRODUCTION	63
1 Domaine d'application et objet	64
2 Références normatives	64
3 Termes et définitions	64
4 Généralités	66
5 Niveaux d'essai	67
6 Matériels d'essai	67
6.1 Générateur d'essai	67
6.2 Dispositifs de couplage et de découplage	68
6.2.1 Réseaux de couplage/découplage (RCD)	69
6.2.2 Dispositifs d'injection par pince	70
6.2.3 Dispositifs d'injection directe	70
6.2.4 Réseaux de découplage	71
6.3 Vérification de l'impédance en mode commun à l'accès EST des dispositifs de couplage et de découplage	71
6.3.1 Perte d'insertion des adaptateurs 150 Ω à 50 Ω	71
6.4 Réglage du générateur d'essai	72
6.4.1 Réglage du niveau de sortie à l'accès EST du dispositif de couplage	72
7 Montage d'essai pour équipements de table et posés au sol	73
7.1 Règles applicables à la sélection des points d'essai et des méthodes d'injection	73
7.1.1 Méthode d'injection	73
7.1.2 Points d'essai	74
7.2 Procédure concernant l'application de l'injection par RCD	75
7.3 Procédures concernant l'injection par pince lorsque les exigences d'impédance en mode commun peuvent être satisfaites	75
7.4 Procédures concernant l'injection par pince lorsque les exigences d'impédance en mode commun ne peuvent pas être satisfaites	76
7.5 Procédure d'injection directe	76
7.6 EST constitué d'une seule unité	76
7.7 EST constitué de plusieurs unités	77
8 Procédure d'essai	77
9 Evaluation des résultats d'essai	78
10 Rapport d'essai	79
Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la méthode d'injection par pince	91
Annexe B (informative) Critères de sélection pour la plage de fréquences applicable	96
Annexe C (informative) Indications pour la sélection des niveaux d'essai	98
Annexe D (informative) Informations supplémentaires sur les réseaux de couplage et découplage	99
Annexe E (informative) Information sur la spécification du générateur d'essai	103
Annexe F (informative) Montage d'essai pour grands EST	104
Annexe G (informative) Incertitude de mesure de l'instrumentation d'essai	107
Bibliographie	115

Figure 1 – Règles pour la sélection de la méthode d'injection	74
Figure 2 – Essai d'immunité aux perturbations radioélectriques conduites.....	81
Figure 3 – Montage du générateur d'essai	82
Figure 4 – Formes d'onde en circuit ouvert se produisant à l'accès EST d'un dispositif de couplage pour le niveau d'essai 1	82
Figure 5 – Principe du couplage et du découplage	85
Figure 6 – Principe du couplage et du découplage selon la méthode d'injection par pince	85
Figure 7 – Détails des montages et composants utilisés pour vérifier les caractéristiques principales des dispositifs de couplage et de découplage et des adaptateurs 150 Ω à 50 Ω	87
Figure 8 – Montage de réglage du niveau (voir 6.4.1)	88
Figure 9 – Exemple de montage d'essai avec un système à une seule unité	89
Figure 10 – Exemple de montage d'essai avec un système à plusieurs unités	90
Figure A.1 – Configuration du circuit de réglage du niveau sur un montage d'essai 50 Ω	92
Figure A.2 – Structure du montage d'essai 50 Ω	92
Figure A.3 – Détails de construction de la pince électromagnétique (EM).....	93
Figure A.4 – Concept de la pince EM (pince électromagnétique).....	94
Figure A.5 – Facteur de couplage de la pince électromagnétique (EM).....	94
Figure A.6 – Principe général d'un montage d'essai utilisant des pinces d'injection	95
Figure A.7 – Exemple de localisation des appareils d'essai sur le plan de référence (vue de dessus) avec utilisation de pinces d'injection.....	95
Figure B.1 – Fréquence initiale en fonction de la longueur des câbles et de la taille des matériels.....	97
Figure D.1 – Exemple de schéma simplifié d'un RCD-S1 utilisé avec des câbles blindés (voir 6.2.1)	100
Figure D.2 – Exemple de schéma simplifié d'un RCD-M1/-M2/-M3 utilisé avec des câbles d'alimentation (secteur) non blindés (voir 6.2.1.1).....	100
Figure D.3 – Exemple de schéma simplifié d'un RCD-AF2 utilisé avec lignes asymétriques non blindées (voir 6.2.1.3).....	101
Figure D.4 – Exemple de schéma simplifié d'un RCD-T2 utilisé avec des paires symétriques non blindées (voir 6.2.1.2)	101
Figure D.5 – Exemple de schéma simplifié d'un RCD-T4 utilisé avec des paires symétriques non blindées (voir 6.2.1.2)	102
Figure D.6 – Exemple de schéma simplifié d'un RCD-T8 utilisé avec des paires symétriques non blindées (voir 6.2.1.2)	102
Figure F.1 – Exemple de montage d'essai de grand EST avec plan de référence horizontal surélevé	105
Figure F.2 – Exemple de montage d'essai de grand EST avec plan de référence vertical.....	106
Figure G.1 – Exemple d'influences pour la méthode d'essai avec RCD	108
Figure G.2 – Exemple d'influences pour la méthode d'essai avec pince EM	108
Figure G.3 – Exemple d'influences pour la méthode d'essai avec pince de courant	108
Figure G.4 – Exemple d'influences pour la méthode d'essai par injection directe.....	109
Tableau 1 – Niveaux d'essai.....	67
Tableau 2 – Caractéristiques du générateur d'essai.....	68

Tableau 3 – Paramètre principal du dispositif de couplage et de découplage.....	68
Tableau B.1 – Paramètre principal de la combinaison du dispositif de couplage et de découplage quand la gamme des fréquences d'essai est étendue au-delà de 80 MHz.....	96
Tableau E.1 – Puissance de sortie de l'amplificateur de puissance nécessaire pour obtenir un niveau d'essai de 10 V	103
Tableau G.1a – Processus d'étalonnage avec RCD	109
Tableau G.1b – Processus d'essai avec RCD	109
Tableau G.2a – Processus d'étalonnage avec pince EM	111
Tableau G.2b – Processus d'essai avec pince EM	111
Tableau G.3a – Processus d'étalonnage avec pince de courant.....	112
Tableau G.3b – Processus d'essai avec pince de courant.....	112
Tableau G.4a – Processus d'étalonnage par injection directe.....	113
Tableau G.4b – Processus d'essai par injection directe	113

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61000-4-6:2008

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –**Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure –
Immunité aux perturbations conduites,
induites par les champs radioélectriques**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61000-4-6 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Cette troisième édition de la CEI 61000-4-6 annule et remplace la deuxième édition parue en 2003, l'Amendement 1 (2004) et l'Amendement 2 (2006). Cette édition constitue une révision technique.

Le document 77B/571/FDIS, circulé comme Amendement 3 auprès des Comités nationaux de la CEI, a conduit à la publication de la nouvelle édition.

Elle constitue la partie 4-6 de la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de la CEI, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

Le texte de cette norme est basé sur la deuxième édition, son Amendement 1, son Amendement 2 et sur les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77B/571/FDIS	77B/577/RVD

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

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

INTRODUCTION

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

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

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

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Guide d'installation et d'atténuation

Guide d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

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

La présente partie est une Norme internationale qui donne les exigences d'immunité et les procédures d'essai relatives aux perturbations conduites induites par les champs radio-fréquence.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61000 se rapporte aux exigences relatives à l'immunité en conduction des équipements électriques et électroniques aux perturbations électromagnétiques provoquées par des émetteurs destinés à des radiofréquences (RF), dans la plage de fréquences de 9 kHz à 80 MHz. Les matériels n'ayant pas au moins un câble conducteur (tel que cordons d'alimentation, lignes de transmission de signaux ou connexions de mise à la terre) pouvant coupler les matériels aux champs RF perturbateurs ne sont pas concernés par cette norme.

NOTE 1 Les méthodes d'essai sont définies dans la présente partie pour mesurer l'effet que les signaux perturbateurs conduits, induits par le rayonnement électromagnétique, a sur l'équipement concerné. La simulation et la mesure de ces perturbations conduites n'est pas parfaitement exacte pour la détermination quantitative des effets. Les méthodes d'essai définies sont structurées dans le but principal d'établir une bonne reproductibilité des résultats dans des installations différentes en vue de l'analyse quantitative des effets.

L'objet de la présente norme est d'établir une référence commune dans le but d'évaluer l'immunité fonctionnelle des matériels électriques et électroniques, quand ils sont soumis aux perturbations conduites induites par les champs radiofréquence. La méthode d'essai documentée dans cette partie de la CEI 61000, décrit une méthode cohérente dans le but d'évaluer l'immunité d'un matériel ou d'un système vis-à-vis d'un phénomène défini.

NOTE 2 Comme décrit dans le Guide 107 de la CEI, la présente norme est une publication fondamentale en CEM destinée à être utilisée par les comités de produits de la CEI. Comme indiqué également dans le Guide 107, il incombe aux comités de produits de la CEI de déterminer s'il convient d'appliquer ou non cette norme d'essai d'immunité, et si tel est le cas, ils ont la responsabilité de déterminer les niveaux d'essai et les critères de performance appropriés. Le CE 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits à l'évaluation de la valeur des essais d'immunité particuliers pour leurs produits.

2 Références normatives

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

CEI 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61000, les termes et définitions données dans la CEI 60050-161, ainsi que les suivantes, s'appliquent.

3.1

main fictive

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

[VEI 161-04-27]

NOTE Il convient que sa structure soit conforme à la CISPR 16-1-2.

3.2

équipement auxiliaire

EA

équipement nécessaire pour fournir au matériel en essai (EST)¹ les signaux requis pour un fonctionnement normal et instruments servant à vérifier les performances du matériel en essai

3.3

injection par pince

injection obtenue au moyen d'un dispositif d'injection de «courant» sur le câble:

- **pince de courant:** transformateur dont le secondaire est un câble dans lequel est faite l'injection;
- **pince électromagnétique** (pince EM): dispositif d'injection à couplages capacitif et inductif combinés

3.4

impédance en mode commun

rapport de la tension de mode commun et du courant de mode commun à un accès spécifié

NOTE L'impédance en mode commun peut être déterminée en appliquant une tension unité en mode commun entre la ou les bornes ou l'écran de cet accès et un plan de référence (point). Le courant de mode commun obtenu est ensuite mesuré comme somme vectorielle de tous les courants circulant par la ou les bornes, ou par l'écran (voir aussi les Figures 8a et 8b).

3.5

facteur de couplage

rapport de la tension en circuit ouvert (f.é.m.) obtenue au niveau de l'accès EST du dispositif de couplage (et de découplage) divisée par la tension en circuit ouvert obtenue à la sortie du générateur

3.6

réseau de couplage

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

NOTE Les réseaux de couplage et de découplage peuvent être intégrés dans une unité (réseau de couplage et réseau de découplage (RCD)) ou dans des réseaux séparés.

3.7

réseau de couplage / découplage

RCD

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

3.8

réseau de découplage

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

3.9

générateur d'essai

générateur (générateur RF, source de modulation, atténuateurs, amplificateur de puissance à large bande et filtres) capable de produire le signal d'essai requis (voir Figure 3)

¹ EST est l'abréviation de «équipement sous test», déconseillé sous cette forme.

3.10

force électromotrice

f.é.m.

tension aux bornes de la source idéale de tension introduite dans la représentation d'un élément actif

[VEI 131-01-38:1978]

3.11

résultat de mesure

U_{mr}

valeur de la tension lue sur l'instrument de mesure

3.12

rapport d'ondes stationnaires en tension

ROS

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

4 Généralités

La source de perturbations couverte par la présente partie de la CEI 61000 est essentiellement un champ électromagnétique, issu d'émetteurs à haute fréquence, qui peut affecter la longueur totale de câbles raccordés à des matériels installés. Les dimensions des matériels perturbés, dans la plupart des cas un sous-ensemble d'un système plus important, sont supposées être réduites par rapport aux longueurs d'onde concernées. Les conducteurs entrants et sortants, comme les cordons secteur, les lignes de télécommunications, les câbles d'interface, se comportent comme des réseaux d'antennes de réception passifs, car ils peuvent correspondre à plusieurs longueurs d'onde.

Entre ces réseaux de câbles, les matériels susceptibles sont exposés à des courants qui s'écoulent «à travers» les matériels. Les systèmes de câbles raccordés aux matériels sont supposés fonctionner en mode résonnant ($\lambda/4$, dipôles $\lambda/2$ ouverts ou repliés) et, à ce titre, sont représentés par des dispositifs de couplage et de découplage, dont l'impédance en mode commun est de 150 Ω par rapport à un plan de référence. Quand cela est possible, l'EST est soumis aux essais en le connectant entre deux liaisons d'impédance 150 Ω en mode commun: une fournissant une source RF, l'autre un chemin de retour pour le courant.

Pour cette méthode d'essai, l'EST est soumis à une source de perturbations comprenant des champs électriques et magnétiques, simulant les signaux issus d'émetteurs radioélectriques intentionnels. Ces champs perturbateurs (E et H) sont simulés par les champs électriques et magnétiques proches résultant des tensions et des courants dus au montage d'essai représenté par la Figure 2a.

L'utilisation de dispositifs de couplage et découplage pour appliquer le signal perturbateur à un seul câble à la fois tandis que les autres ne sont pas excités (voir Figure 2b) constitue seulement une approximation de la situation réelle où toutes les sources de perturbations affectent tous les câbles simultanément, suivant des amplitudes et des phases différentes.

Les dispositifs de couplage et découplage sont définis par leurs caractéristiques énoncées en 6.2. Tout dispositif de couplage et découplage répondant à ces caractéristiques peut être utilisé. Les réseaux de couplage et découplage décrits à l'Annexe D ne sont que des exemples de réseaux disponibles sur le marché.

5 Niveaux d'essai

Aucun essai concernant des perturbations induites causées par les champs électromagnétiques issus d'émetteurs radioélectriques intentionnels n'est préconisé dans la plage de fréquences de 9 kHz à 150 kHz.

Tableau 1 – Niveaux d'essai

Plage de fréquences 150 kHz – 80 MHz		
Niveau	Niveau de tension (f.é.m.)	
	U_0 dB(μV)	U_0 V
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X ^a	Spécial	
^a X est un niveau ouvert.		

Les niveaux d'essai en circuit ouvert (f.é.m.) du signal perturbateur non modulé, exprimés en valeur efficace, sont donnés dans le Tableau 1. Les niveaux d'essai sont fixés au niveau de l'accès EST des dispositifs de couplage (voir 6.4.1). Pour les essais des matériels, ce signal est modulé en amplitude à 80 % par une onde sinusoïdale à 1 kHz simulant les menaces réelles. La modulation en amplitude effective est illustrée par la Figure 4. Des indications pour la sélection des niveaux d'essai sont données dans l'Annexe C.

NOTE 1 La CEI 61000-4-3 définit également les méthodes d'essai pour l'établissement de l'immunité des matériels électriques et électroniques contre l'énergie électromagnétique rayonnée. Elle couvre les fréquences supérieures à 80 MHz. Les comités de produit peuvent décider de choisir une fréquence de transition inférieure ou supérieure (voir l'Annexe B).

NOTE 2 Les comités de produit ont la possibilité de choisir d'autres conditions de modulation.

6 Matériels d'essai

6.1 Générateur d'essai

Le générateur d'essai comprend tous les matériels et composants utilisés pour fournir à l'accès d'entrée de chaque réseau de couplage le signal perturbateur au niveau requis de signal au point désiré. Un ensemble typique comprend les éléments suivants qui peuvent être séparés ou intégrés dans un ou plusieurs instruments d'essai (voir 3.9 et Figure 3):

- un ou plusieurs générateurs RF, G1, qui peuvent couvrir la bande de fréquences concernée et être modulés en amplitude par une onde sinusoïdale à 1 kHz, avec une profondeur de modulation de 80 %. Ils doivent avoir une commande manuelle (ex: fréquence, amplitude, indice de modulation), ou dans le cas des synthétiseurs RF, doivent être programmables avec des pas et des temps de palier dépendant de la fréquence;
- un atténuateur, T1, (typiquement 0 dB ... 40 dB) présentant des caractéristiques adéquates en fréquence permettant de commander le niveau de sortie de la source perturbatrice. T1 peut être inclus dans le générateur RF et il est optionnel;
- un commutateur RF, S1, permettant de couper et d'établir le signal perturbateur pour la mesure de l'immunité de l'EST. S1 peut être inclus dans le générateur RF et il est optionnel;
- des amplificateurs de puissance à large bande AP peuvent être nécessaires pour amplifier le signal si la puissance de sortie du générateur RF est insuffisante;

- des filtres passe-bas (FPB) et/ou des filtres passe-haut (FPH) peuvent être nécessaires, pour éviter toute interférence due à des sous-harmoniques ou des harmoniques d'ordre supérieur avec certains types d'EST, par exemple les récepteurs RF. Ils doivent être insérés, s'il y a lieu, entre l'amplificateur de puissance à large bande AP et l'atténuateur T2;
- un atténuateur, T2, (fixe ≥ 6 dB, $Z_0 = 50 \Omega$), présentant des caractéristiques de puissance suffisantes. T2 est destiné à réduire la désadaptation entre l'amplificateur de puissance et le dispositif de couplage.

NOTE T2 peut être inclus dans un réseau de couplage et de découplage, et peut être laissé hors circuit si l'impédance de sortie de l'amplificateur de puissance à large bande reste conforme aux spécifications quelles que soient les conditions de charge.

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

Tableau 2 – Caractéristiques du générateur d'essai

Impédance de sortie	50 Ω
Harmoniques et distorsion	toute raie spectrale parasite doit être au moins 15 dB en dessous du niveau de la porteuse
Modulation d'amplitude	interne ou externe profondeur 80 % $\pm$ 5 % onde sinusoïdale à 1 kHz $\pm$ 10 %
Niveau de sortie	suffisamment haut pour couvrir le niveau d'essai (voir aussi l'Annexe E)

6.2 Dispositifs de couplage et de découplage

Des dispositifs de couplage et de découplage doivent être utilisés pour assurer un couplage approprié du signal perturbateur (sur tout le domaine de fréquences, avec une impédance en mode commun définie au niveau de l'accès EST) avec les divers câbles raccordés à l'EST et pour empêcher que les signaux appliqués à l'essai n'affectent les autres dispositifs, équipements et systèmes non soumis aux essais.

Les dispositifs de couplage et de découplage peuvent être combinés en un coffret (appelé réseau de couplage/découplage, RCD) ou être composés de plusieurs parties. Le paramètre principal applicable au dispositif de couplage et découplage, c'est-à-dire l'impédance en mode commun vue au niveau d'accès EST, est spécifié dans le Tableau 3.

Les dispositifs de couplage et découplage préférentiels sont les RCD, ceci pour des raisons de reproductibilité d'essai et de protection des EA. Cependant, s'ils ne sont pas adaptés ou disponibles, d'autres méthodes d'injection peuvent être utilisées. Des indications pour la sélection de la méthode d'injection appropriée sont données en 7.1.

Tableau 3 – Paramètre principal du dispositif de couplage et de découplage

	Bande de fréquences	
Paramètre	0,15 MHz – 26 MHz	26 MHz – 80 MHz
Z_{ce}	150 $\Omega \pm 20 \Omega$	150 $\Omega + 60 \Omega - 45 \Omega$

NOTE 1 Ni l'argument de Z_{ce} ni le facteur de découplage entre l'accès EST et l'accès équipement auxiliaire (EA) ne sont spécifiés séparément. Ces facteurs sont inclus dans l'exigence qui stipule que la tolérance de $|Z_{ce}|$ doit être satisfaite, l'accès équipement auxiliaire (EA) étant en circuit ouvert ou court-circuité au plan de référence.

NOTE 2 Quand les méthodes d'injection par pince ne répondent pas aux exigences d'impédance en mode commun de l'équipement auxiliaire, elles peuvent ne pas satisfaire aux exigences de $|Z_{ce}|$. Toutefois, elles peuvent donner des résultats d'essai acceptables lorsque les indications données en 7.4 sont respectées.

6.2.1 Réseaux de couplage/découplage (RCD)

Ces réseaux intègrent les circuits de couplage et de découplage dans un boîtier unique et peuvent être utilisés pour des câbles non blindés spécifiques, par exemple les réseaux RCD-M1, RCD-M2, RCD-M3, RCD-T2, RCD-T4, RCD-AF-2 décrits à l'Annexe D. Les Figures 5c et 5d illustrent le principe des réseaux de couplage et de découplage. Les réseaux ne doivent pas affecter de façon excessive les signaux produits. Les contraintes sur de tels effets peuvent être spécifiées dans les normes de produits.

6.2.1.1 RCD pour lignes d'alimentations de puissance

Il est recommandé de doter tous les raccordements d'alimentation de réseaux de couplage et découplage. Il est toutefois possible de choisir d'autres méthodes d'injection pour les fortes puissances (intensité ≥ 16 A) et/ou des systèmes complexes d'alimentation (phases multiples ou alimentations en parallèle).

Le signal perturbateur doit être couplé aux lignes d'alimentation, au moyen de réseaux type RCD-M1 (unifilaire), RCD-M2 (bifilaire) ou RCD-M3 (trifilaire), ou de réseaux équivalents, (voir Annexe D). Des réseaux similaires peuvent être définis pour un système d'alimentation secteur triphasé. Le circuit de couplage est décrit à la Figure 5c.

Les performances du RCD ne doivent pas être indûment dégradées par la saturation du matériau magnétique due au courant consommé par l'EST. Dans la mesure du possible, il convient que la construction du réseau assure que l'effet magnétisant du courant aller soit annulé par celui dû au courant retour.

Si dans des installations réelles, les fils d'alimentation sont acheminés individuellement, des réseaux de couplage et de découplage RCD-M1 séparés doivent être utilisés et tous les accès d'alimentation doivent être traités séparément.

Si l'EST est doté d'autres bornes de mise à la terre (par exemple à des fins radioélectriques ou à cause de courants de fuite élevés) celles-ci doivent être raccordées au plan de référence:

- via le réseau de couplage et découplage RCD-M1 si les caractéristiques ou la spécification de l'EST le permettent. Dans ce cas, l'alimentation (de puissance) doit être acheminée à travers le réseau RCD-M3;
- lorsque les caractéristiques ou la spécification de l'EST ne permettent pas l'installation d'un réseau RCD-M1 en série avec cette borne de mise à la terre pour des raisons radioélectriques ou autres, la borne de mise à la terre doit être raccordée directement au plan de référence. Dans ce cas le réseau RCD-M3 doit être remplacé par un réseau RCD-M2 pour éviter un court-circuit RF par le conducteur de terre de protection. Lorsque l'équipement est déjà alimenté via un réseau RCD-M1 ou RCD-M2, ces derniers doivent rester en service.

Attention: Les capacités utilisées dans les RCD réunissent des parties sous tension. En conséquence, des courants de fuites importants peuvent se produire et des connexions de sécurité entre les RCD et le plan de référence sont obligatoires (dans certains cas, ces connexions peuvent être réalisées par construction dans les RCD).

6.2.1.2 RCD pour lignes symétriques non blindées

Pour le couplage et le découplage de signaux perturbateurs à un câble non blindé à lignes symétriques, un réseau RCD-T2 RCD-T4, ou RCD-T8 doit être utilisé comme réseau de couplage et découplage. Les Figures D.4, D.5 et D.6 de l'Annexe D illustrent ces possibilités:

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

NOTE D'autres réseaux en RCD-Tx peuvent être utilisés s'ils correspondent aux gammes de fréquences désirées et s'ils satisfont aux exigences énoncées en 6.2. Il convient par exemple que le rapport de conversion du mode différentiel au mode commun des RCD ait une plus grande valeur que le rapport de conversion spécifié du câble à installer ou à celui du matériel connecté au câble installé. Si différents rapports de conversion sont indiqués pour les matériels et pour le câble, retenir la valeur la plus faible. Souvent il est nécessaire d'appliquer la pince d'injection à des câbles multipaires équilibrés, car des RCD adaptés ne sauraient être disponibles.

6.2.1.3 Couplage et découplage pour lignes asymétriques non blindées

Pour le couplage et le découplage de signaux perturbateurs à un câble non blindé à lignes asymétriques, il est possible d'utiliser un réseau de couplage et de découplage tel que celui décrit pour une paire unique à la Figure D.3.

NOTE S'il n'y a pas de RCD approprié disponible, il convient d'utiliser l'injection par pince.

6.2.2 Dispositifs d'injection par pince

Avec les dispositifs d'injection par pince, les fonctions de couplage et de découplage sont séparées. Le couplage est réalisé par la pince tandis que l'impédance en mode commun et les fonctions de découplage sont réalisées par l'équipement auxiliaire. Dans ce cas, l'équipement auxiliaire devient partie intégrante des dispositifs de couplage et de découplage (voir Figure 6). Des indications concernant l'application correcte sont données en 7.3.

Quand une pince électromagnétique (EM) ou une pince de courant est utilisée, alors que les contraintes énoncées en 7.3 ne sont pas remplies, la procédure définie en 7.4 doit être suivie. La tension induite est fixée selon 6.4.1. De plus, le courant obtenu doit être surveillé et corrigé en conséquence. Dans cette procédure, une impédance de mode commun plus faible peut être utilisée, mais le courant de mode commun est limité à la valeur qui serait issue d'une impédance de 150 Ω .

6.2.2.1 Pince de courant

Ce dispositif réalise un couplage inductif avec le câble raccordé à l'EST. Par exemple, avec un rapport de transformation de 5:1, l'impédance série de mode commun ramenée est négligeable par rapport à l'impédance de 150 Ω présentée par l'équipement auxiliaire. Dans ce cas, l'impédance de sortie du générateur d'essai (50 Ω) est transformée en 2 Ω . D'autres rapports de transformation peuvent être utilisés (voir Annexe A).

NOTE 1 Lors de l'utilisation d'une pince de courant, on vérifiera que les niveaux des harmoniques de rang élevé générés par l'amplificateur de puissance PA n'apparaissent pas au niveau de l'accès EST du dispositif de couplage à des niveaux supérieurs à ceux du signal fondamental.

NOTE 2 Il est couramment nécessaire de positionner le câble au milieu de la pince pour minimiser le couplage capacitif.

6.2.2.2 Pince EM

La pince électromagnétique (EM) réalise un couplage à la fois capacitif et inductif sur le câble raccordé à l'EST. Des détails sur la construction et les performances de cette pince électromagnétique sont donnés à l'Annexe A.

6.2.3 Dispositifs d'injection directe

Le signal perturbateur issu du générateur d'essai est injecté sur les câbles blindés et coaxiaux à travers une résistance de 100 Ω (même si le blindage n'est pas mis à la masse ou seulement d'un côté). Un circuit de découplage (voir 6.2.4) doit être inséré entre l'équipement auxiliaire (EA) et le point d'injection, aussi près que possible de ce dernier (voir Figure 5b). Afin d'augmenter le découplage et pour stabiliser le circuit, une connexion de masse doit être réalisée entre le blindage de l'accès d'entrée du dispositif d'injection directe et le plan de masse de référence. Cette connexion est réalisée sur le côté EA du dispositif d'injection.

NOTE Quand on réalise une connexion directe à des blindages en feuille, il est nécessaire de porter une attention particulière à assurer une bonne connexion donnant des résultats d'essai stables.

Pour certaines configurations simples de câble blindé, le circuit de découplage ainsi que la résistance de 100 Ω peuvent être associés dans un boîtier unique formant un RCD.

6.2.4 Réseaux de découplage

Normalement, le réseau de découplage comprend plusieurs inductances pour créer une haute impédance sur la plage de fréquences. Celle-ci est déterminée par le matériau en ferrite utilisé et une inductance d'au moins 280 μH est exigée à 150 kHz. La réactance doit rester élevée, $\geq 260 \Omega$ jusqu'à 26 MHz et $\geq 150 \Omega$ au-dessus de 26 MHz. L'inductance peut être obtenue soit par bobinage d'un certain nombre de tours sur des tores de ferrite (voir Figure 5d), soit par l'utilisation d'un certain nombre de tores de ferrite sur le câble (généralement comme un tube sous forme de pince).

Les RCD tels que ceux qui sont spécifiés en Annexe D, peuvent être utilisés comme réseaux de découplage avec leur accès d'entrée RF laissé non chargé, sauf mention contraire dans la présente norme. Quand des RCD sont utilisés de cette façon, ils doivent se conformer aux exigences de cet article.

Les réseaux de découplage doivent être utilisés sur tous les câbles non sélectionnés pour l'essai, mais connectés à l'EST et/ou aux EA. Pour les exceptions, voir 7.7.

6.3 Vérification de l'impédance en mode commun à l'accès EST des dispositifs de couplage et de découplage

Les dispositifs de couplage et de découplage sont caractérisés par l'impédance en mode commun vue au niveau de l'accès EST, (Z_{cc}). Une valeur d'impédance correcte assure la reproductibilité des résultats d'essai. L'impédance de mode commun des dispositifs de couplage et de découplage est vérifiée en utilisant l'installation de la Figure 7.

Les dispositifs de couplage et de découplage et le plan de référence d'impédance (Figure 7a) doivent être placés sur un plan de référence dont la taille dépasse la géométrie du dispositif d'essai d'au moins 0,2 m de tous les côtés.

Le plan de référence d'impédance doit être relié à l'accès EST du RCD par une connexion inférieure ou égale à 30 mm, comme le montre la Figure 7a. L'amplitude de l'impédance de mode commun vue au niveau du connecteur sur le plan d'impédance doit être mesurée.

Les réseaux de couplage et de découplage doivent satisfaire aux exigences d'impédance du Tableau 3, lorsque l'accès d'entrée est chargé sous 50 Ω et l'accès équipement auxiliaire (EA) chargé alternativement en mode commun par un court-circuit et un circuit ouvert selon la Figure 7b. Cette prescription assure une atténuation suffisante et rend négligeable le montage de l'équipement auxiliaire, par exemple des entrées en circuit ouvert ou court-circuitées.

Si l'injection par pince ou l'injection directe sont utilisées, il n'est pas réaliste de vérifier l'impédance en mode commun pour chaque équipement auxiliaire (EA) raccordé à l'EST. Normalement, il suffit de suivre la procédure indiquée en 7.3. Dans tous les autres cas, on doit utiliser la procédure définie en 7.4.

6.3.1 Perte d'insertion des adaptateurs 150 Ω à 50 Ω

Quand le générateur d'essai est installé avant essai, le niveau d'essai doit être vérifié dans un environnement d'impédance de mode commun de 150 Ω . Ceci est obtenu en reliant le point approprié en mode commun à un dispositif de mesure 50 Ω via un adaptateur 150 Ω à 50 Ω comme le montre la Figure 7c. La construction de l'adaptateur est présentée aux Figures 7d et 7e.

Les adaptateurs doivent être placés sur un plan de référence dont la taille dépasse la géométrie du dispositif d'essai d'au moins 0,2 m de tous les côtés. La perte d'insertion est

mesurée selon le principe de la Figure 7c. Sa valeur doit être comprise dans une plage de $(9,5 \pm 0,5)$ dB (valeur théorique 9,5 dB due à l'impédance série additionnelle) lorsqu'elle est mesurée dans un système à 50 Ω . Si besoin est, l'atténuation des câbles du montage d'essai doit être compensée. Des atténuateurs ayant des ROS adaptés ($\leq 1,2$) aux entrées et sorties des récepteurs et des générateurs sont recommandés.

6.4 Réglage du générateur d'essai

Pour le réglage correct du niveau d'essai non modulé, la procédure décrite en 6.4.1 doit être appliquée. On suppose ici que le générateur d'essai, les dispositifs de couplage et de découplage et les adaptateurs 150 Ω à 50 Ω sont conformes aux exigences énoncées en 6.1, 6.2 et 6.3.1.

Attention: Pendant le réglage du générateur d'essai, toutes les connexions à l'EST et à l'accès équipement auxiliaire (EA) des réseaux de couplage et découplage autres que celles requises (voir Figure 8) doivent être déconnectées pour éviter des courts-circuits ou la destruction de l'équipement de mesure.

Le niveau de sortie du générateur d'essai doit être réglé (voir 6.4.1) avec une porteuse non modulée. Après réglage correct, la modulation doit être appliquée et contrôlée.

Le niveau de sortie du générateur d'essai peut être déterminé, soit par la mesure de la puissance en sortie de l'amplificateur, soit par celle du générateur RF, à partir du moment où la stabilité du matériel d'essai peut être garantie.

Le niveau de sortie correct doit être déterminé pour toutes les fréquences appliquées à l'EST.

6.4.1 Réglage du niveau de sortie à l'accès EST du dispositif de couplage

Le générateur d'essai doit être raccordé à l'entrée RF du dispositif de couplage. L'accès EST du dispositif de couplage doit être raccordé au matériel de mesure présentant une impédance d'entrée de 50 Ω en mode commun, via l'adaptateur 150 Ω à 50 Ω . L'accès équipement auxiliaire (EA) du RCD doit être chargé en mode commun par l'intermédiaire d'un adaptateur 150 Ω à 50 Ω chargé par 50 Ω . Le montage est représenté à la Figure 8 pour tous les dispositifs de couplage et découplage.

NOTE 1 En injection directe, la charge de 150 Ω sur l'accès équipement auxiliaire (EA) n'est pas nécessaire car le blindage est raccordé au plan de référence du côté de l'accès équipement auxiliaire (EA).

Avec le montage mentionné ci-dessus, le générateur d'essai doit être ajusté de façon que l'équipement de mesure fournisse les indications suivantes:

$$U_{mr} = U_0/6 \pm 25\%, \text{ en valeurs linéaires, ou}$$

$$U_{mr} = U_0 - 15,6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB en valeurs logarithmiques.}$$

Le réglage doit s'effectuer pour chaque dispositif de couplage et découplage différent. Les paramètres de commande du réglage du générateur d'essai (paramètres logiciels, réglages des atténuateurs, etc.) doivent être enregistrés et utilisés pour les essais.

NOTE 2 U_0 est la tension d'essai indiquée dans le Tableau 1 et U_{mr} la tension mesurée selon 3.11 et la Figure 8. Afin de minimiser les erreurs d'essai, le niveau de sortie du générateur d'essai est fixé en réglant U_{mr} avec des charges de 150 Ω et non en réglant U_0 .

NOTE 3 Le facteur 6 (15,6 dB) vient de la valeur de f.é.m. spécifiée pour le niveau d'essai. Le niveau sur la charge adaptée est égal à la moitié du niveau de la f.é.m. et la division supplémentaire de la tension par 3 :1 est déterminée par l'adaptateur 150 Ω à 50 Ω chargé par l'équipement de mesure 50 Ω .

Lorsque le réglage du niveau pour les pinces de courant s'effectue dans un environnement d'essai 50 Ω (voir A.1), la tension U_{mr} aux bornes de la charge de 50 Ω doit être de 6 dB

inférieure au niveau d'essai requis. Dans ce cas, les tensions mesurées ou les courants obtenus sur le montage d'essai à 50 Ω sont les suivants:

$$U_{mr} = (U_0/2) \pm 25 \%, \text{ en valeurs linéaires}$$

ou

$$U_{mr} = U_0 - 6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB en valeurs logarithmiques.}$$

7 Montage d'essai pour équipements de table et posés au sol

Le matériel à soumettre aux essais est placé sur un support isolant à 0,1 m au-dessus d'un plan de référence. Tous les câbles sortant de l'EST doivent reposer à une hauteur d'au moins 30 mm au-dessus du plan de masse de référence.

Si le matériel est conçu pour être monté en panneau, rack ou coffret, alors il doit être soumis aux essais dans cette configuration. Quand un moyen est requis pour supporter l'échantillon, le support doit être construit dans un matériau non métallique et non conducteur. La mise à la masse doit être en accord avec les instructions d'installation du fabricant.

Quand des dispositifs de couplage et/ou découplage sont requis, ils doivent être situés entre 0,1 m et 0,3 m de l'EST. Cette distance est à mesurer horizontalement, à partir de la projection de l'EST sur le plan de masse de référence, jusqu'au dispositif de couplage et/ou découplage. Voir Figures 6, 9, et 10. Les paragraphes 7.1 à 7.7 fournissent des informations plus détaillées.

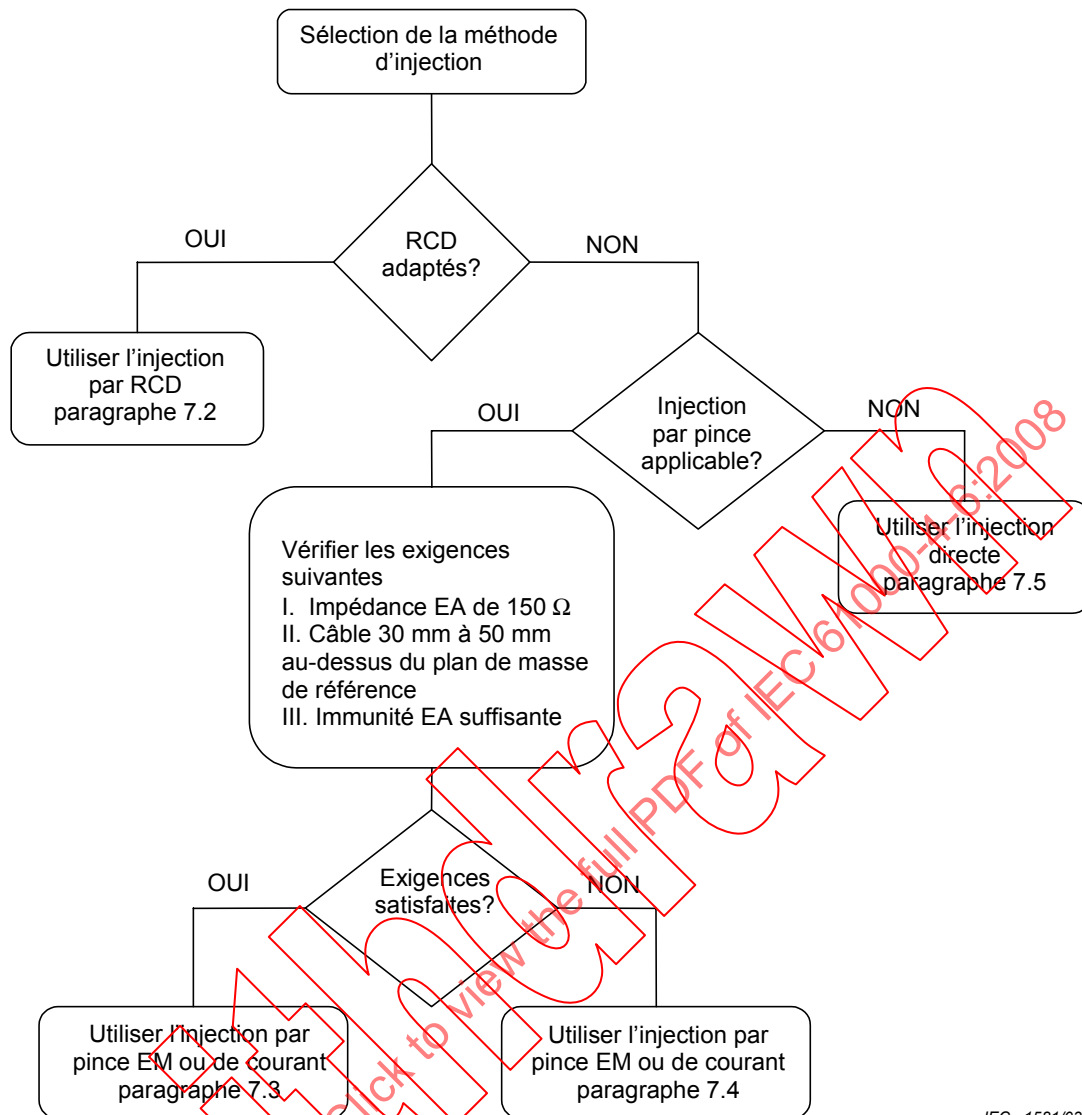
7.1 Règles applicables à la sélection des points d'essai et des méthodes d'injection

Pour sélectionner le type et le nombre de câbles à équiper de dispositifs de couplage et de découplage, il faut prendre en compte la configuration physique des conditions d'installation type par exemple la longueur probable des câbles les plus longs.

Pour tous les essais, la longueur totale de câble entre EST et EA (y compris le câblage interne de n'importe quel RCD utilisé) ne doit pas dépasser la longueur maximale spécifiée par le fabricant de l'EST.

7.1.1 Méthode d'injection

La Figure 1 donne des règles de sélection pour la méthode d'injection.



IEC 1581/03

Figure 1 – Règles pour la sélection de la méthode d'injection

Quand cela n'est pas spécifié dans ce document, l'EST y compris les câbles sélectionnés pour l'essai, doit être configuré, installé, disposé et mis en fonctionnement d'une façon cohérente avec des applications types. Des RCD non listés dans la présente norme, mais satisfaisant à ses exigences, peuvent aussi être utilisés.

Lorsque plusieurs câbles issus de l'EST sont acheminés les uns à proximité des autres sur une longueur de plus de 10 m, ou vont de l'EST à un autre équipement dans un chemin ou conduit de câbles, il convient de les traiter comme un seul câble.

Si un comité de produits décide que certains dispositifs de couplage ou de découplage sont plus appropriés aux câbles spécifiques à cette famille de produits, ce choix (justifié techniquement) a préséance. Ces dispositifs doivent être décrits dans la norme de produit. L'Annexe D donne des exemples de RCD.

7.1.2 Points d'essai

Pour n'importe quel essai, seuls deux réseaux 150 Ω sont nécessaires. Le réseau utilisé pour l'injection du signal d'essai peut être déplacé entre les différents accès, au fur et à mesure

qu'ils sont testés. Quand un RCD est retiré d'un accès, il peut être remplacé par un réseau de découplage.

Si l'EST a de multiples accès identiques (mêmes circuits électroniques d'entrée ou de sortie, charges, matériel raccordé, etc.), au moins un de ces accès doit être sélectionné pour l'essai afin d'assurer que tous les types d'accès différents sont couverts.

7.2 Procédure concernant l'application de l'injection par RCD

Quand l'injection par RCD est effectuée, il est nécessaire de prendre les mesures suivantes.

- Si l'EA est localisé au-dessus du plan de masse de référence, alors il doit être placé à 0,1 m au-dessus de ce dernier.
- Un RCD doit être connecté à l'accès prévu pour être testé, et un RCD terminé par 50 Ω doit être connecté à un autre accès. Des réseaux de découplage doivent être installés à tous les autres accès auxquels les câbles sont fixés. De cette façon, il y a seulement une boucle, chargée par 150 Ω , à chaque extrémité.
- Le RCD à charger doit être choisi selon la priorité suivante:
 - 1) RCD-M1 utilisé pour la connexion de la prise de terre;
 - 2) RCD-Sn ($n = 1, 2, 3, \dots$), qui est le plus proche du point d'injection (distance géométrique la plus courte de l'accès testé);
 - 3) RCD-M2, RCD-M3, RCD-M4, ou RCD-M5 utilisé sur le réseau;
 - 4) Tout autre RCD qui est le plus proche du point d'injection (distance géométrique la plus courte de l'accès testé).
- Si l'EST a seulement un accès, celui-ci est relié au RCD utilisé pour l'injection.
- Si au moins un EA est connecté à l'EST, et si seulement un RCD peut être connecté à l'EST, un accès de l'EA doit être connecté à un RCD chargé par 50 Ω selon la priorité mentionnée ci-dessus, et toutes les autres connexions à l'EA doivent être découplées.

7.3 Procédures concernant l'injection par pince lorsque les exigences d'impédance en mode commun peuvent être satisfaites

Lorsque l'injection par pince est utilisée, le montage des équipements auxiliaires (EA) doit présenter le plus précisément possible l'impédance en mode commun exigée en 6.2. Chaque équipement auxiliaire (EA) utilisé avec l'injection par pince doit se rapprocher le plus possible des conditions de l'installation fonctionnelle. Pour approcher l'impédance de mode commun requise, les mesures suivantes doivent être prises.

- Chaque équipement auxiliaire (EA) utilisé au cours de l'injection par pince doit être placé sur un support isolant à 0,1 m au-dessus du plan de référence.
- Un réseau de découplage doit être installé sur chaque câble situé entre l'EST et l'EA, excepté sur le câble en essai.
- Tous les câbles raccordés à chaque équipement auxiliaire (EA), autres que ceux qui sont raccordés à l'EST, doivent être équipés de réseaux de découplage (voir 6.2.4 et la Figure 6).
- Les réseaux de découplage connectés à chaque EA (sauf ceux qui sont sur les câbles entre EST et EA) ne doivent pas être disposés à plus de 0,3 m de l'EA. Le ou les câbles entre l'EA et le ou les réseaux de découplage, ou entre l'EA et la pince d'injection ne doivent pas être rassemblés en faisceau ou enroulés, et doivent être maintenus entre 30 mm et 50 mm au-dessus du plan de référence (Figure 6).
- A l'une des extrémités du câble en essai se trouve l'EST, à l'autre se trouve l'EA. De multiples RCD peuvent être connectés à l'EST et à l'EA; toutefois seulement un RCD sur l'EST et un RCD sur l'EA doivent être chargés par 50 Ω . La charge sera disposée conformément à la priorité indiquée en 7.2.

- Quand plusieurs pinces sont utilisées, l'injection est réalisée sur chaque câble l'un après l'autre sélectionné pour l'essai. Les câbles sélectionnés pour être soumis aux essais avec l'injection par pince, mais non sollicités, doivent être découplés conformément à 6.2.4.

Dans tous les autres cas, il est recommandé de suivre les procédures données en 7.4.

7.4 Procédures concernant l'injection par pince lorsque les exigences d'impédance en mode commun ne peuvent pas être satisfaites

Lorsque l'injection par pince est utilisée et que les conditions d'impédance en mode commun ne peuvent être satisfaites au niveau de l'équipement auxiliaire (EA), il est nécessaire que l'impédance de mode commun de l'EA soit inférieure ou égale à l'impédance de mode commun de l'accès de l'EST soumis à l'essai. Si ce n'est pas le cas, des mesures doivent être prises (par exemple en utilisant un RCD-M1 ou une résistance de 150 Ω entre l'EA et la masse) à l'accès de l'EA pour satisfaire à cette condition et éviter les résonances. La procédure suivante ne mentionne que les différences par rapport à 7.3.

- Chaque équipement auxiliaire (EA) et chaque EST utilisé avec l'injection par pince doit se rapprocher le plus possible des conditions de l'installation fonctionnelle, par exemple l'EST doit être relié au plan de référence de la masse ou placé sur un support isolant (voir Figures A.6 et A.7).
- Une sonde de courant supplémentaire (ayant une perte d'insertion faible) doit être insérée entre la pince d'injection et l'EST pour surveiller le courant produit par la tension induite (voir 6.4.1). Si le courant dépasse la valeur de courant de circuit nominal $I_{\max}$ donnée ci-dessous, le niveau du générateur d'essai doit être réduit jusqu'à ce que le courant de mesure soit égal à la valeur de $I_{\max}$:

$$I_{\max} = U_0 / 150 \Omega$$

Le niveau de la tension d'essai modifiée doit être indiqué dans le compte rendu d'essai.

Pour assurer la reproductibilité, le dispositif d'essai doit être complètement décrit dans le rapport d'essai.

7.5 Procédure d'injection directe

Quand l'injection directe est utilisée pour les câbles blindés, il est nécessaire de prendre les mesures suivantes.

- L'EST doit être placé sur un support isolant de 0,1 m de haut au-dessus du plan de masse de référence.
- Sur le câble en cours d'essai, le réseau de découplage doit être localisé entre le point d'injection et l'EA, aussi près que possible du point d'injection. Un second accès doit être chargé par 150 Ω (RCD avec terminaison 50 Ω). Cet accès doit être choisi conformément à la priorité définie en 7.2. Des réseaux de découplage doivent être installés sur tous les autres câbles connectés à l'EST. (Quand il est ouvert, un RCD est considéré comme un réseau de découplage.)
- Le point d'injection doit se situer entre 0,1 m et 0,3 m de la projection géométrique de l'EST sur le plan de masse de référence.
- Le signal d'essai doit être injecté directement sur le blindage du câble à travers une résistance de 100 Ω (voir 6.2.3).

NOTE Quand on réalise une connexion directe à des blindages en feuille, une attention particulière nécessite d'être portée afin d'assurer une bonne connexion donnant des résultats d'essai stables.

7.6 EST constitué d'une seule unité

L'EST doit être placé sur un support isolant à 0,1 m au-dessus du plan de référence de la masse. Pour les équipements de table, le plan de référence de la masse peut être placé sur une table (voir Figure 9).

Sur tous les câbles à soumettre aux essais, des dispositifs de couplage et de découplage doivent être insérés (voir 7.1.2). Les dispositifs de couplage et de découplage doivent être placés sur le plan de référence de la masse, en contact direct avec celui-ci à environ 0,1 m à 0,3 m de l'EST. Les câbles situés entre les dispositifs de couplage et de découplage et l'EST doivent être aussi courts que possible et ne peuvent en aucun cas être rassemblés en faisceau ou enroulés. Leur hauteur au-dessus du plan de référence doit être comprise entre 30 mm et 50 mm.

Si l'EST est doté d'autres bornes de mise à la terre, celles-ci doivent, lorsque cela est autorisé, être raccordées au plan de référence de la masse via un réseau de couplage et de découplage RCD-M1: 6.2.1.1 (c'est-à-dire que l'accès équipement auxiliaire (EA) du RCD-M1 est alors raccordé au plan de référence de la masse).

Si l'EST est doté d'un clavier ou d'un accessoire portable, la main fictive doit être placée sur ce clavier ou enroulée autour de l'accessoire et raccordée au plan de référence de la masse.

Les équipements auxiliaires (EA) nécessaires au fonctionnement défini de l'EST selon les spécifications du comité de produits, par exemple matériel de télécommunication, modem, imprimante, capteur, etc., ainsi que les équipements auxiliaires nécessaires au transfert de données et à l'évaluation des fonctions, doivent être raccordés à l'EST via des dispositifs de couplage et/ou de découplage. Dans la mesure du possible, le nombre de câbles à tester peut être limité, cependant il convient que tous les types d'accès physiques soient soumis à injection.

7.7 EST constitué de plusieurs unités

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

- **Méthode recommandée:** Chaque sous-unité doit être traitée et soumise aux essais séparément comme un EST (voir 7.6), toutes les autres étant considérées comme des équipements auxiliaires (EA). Des dispositifs de couplage et de découplage (ou RCD) doivent être placés sur les câbles (selon 7.1) des sous-unités considérées comme l'EST. Toutes les sous-unités doivent être essayées tour à tour.
- **Autre méthode:** Les sous-unités qui sont en permanence raccordées les unes aux autres par des câbles courts, c'est-à-dire ≤ 1 m, et qui font partie de l'équipement à soumettre aux essais, peuvent être considérées comme un seul EST. Aucun essai d'immunité aux perturbations conduites ne doit être effectué sur leurs câbles d'interconnexion, ceux-ci étant considérés comme des câbles internes au système. Voir Figure 10.

Les unités qui font partie d'un tel EST doivent être placées aussi près que possible l'une de l'autre sans être en contact, toutes sur le support isolant à 0,1 m au-dessus du plan de référence. Les câbles d'interconnexion de ces unités doivent aussi être placés sur le support isolant. Des RCD non chargés ou des dispositifs de découplage doivent être placés sur tous les autres câbles de l'EST, par exemple sur les câbles d'alimentation et les câbles des équipements auxiliaires (voir 7.1).

8 Procédure d'essai

L'EST doit être soumis aux essais dans des conditions climatiques et de fonctionnement prévues. Il convient que la température et l'humidité relative soient enregistrées dans le compte rendu d'essai.

La réglementation locale relative aux interférences doit être respectée en ce qui concerne les rayonnements émis par le montage d'essai. Si l'énergie rayonnée dépasse le niveau permis, une enceinte blindée doit être utilisée.

NOTE 1 En général cette méthode d'essai peut être appliquée sans enceinte blindée, car les niveaux de perturbation appliqués et la géométrie des montages ne sont pas susceptibles de rayonner de grandes quantités d'énergie, en particulier aux fréquences basses.

L'essai doit être effectué, le générateur d'essai devant être raccordé tour à tour à chacun des dispositifs de couplage (RCD, pince EM, pince d'injection de courant). Les autres câbles non soumis à l'essai doivent être soit déconnectés (quand c'est fonctionnellement autorisé), soit seulement pourvus de réseaux de découplage ou de RCD non chargés.

Un filtre passe bas (FPB) et/ou un filtre passe haut (FPH), (de 100 kHz de fréquence de coupure par exemple), peut être nécessaire à la sortie du générateur d'essai, ceci afin d'éviter que des harmoniques ou des sous-harmoniques ne perturbent l'EST. Les caractéristiques de la bande d'arrêt des filtres passe-bas (FPB) doivent être suffisantes pour supprimer les harmoniques, et ainsi ne pas affecter les résultats. Ces filtres doivent être insérés après le générateur d'essai avant de régler le niveau d'essai (voir 6.1 et 6.4.1).

La plage de fréquence est balayée entre 150 kHz et 80 MHz, avec le niveau de signal établi lors du processus de réglage, et avec un signal de perturbation modulé en amplitude à 80 % par une onde sinusoïdale à 1 kHz, en effectuant des pauses pour procéder au réglage du niveau du signal RF ou pour changer les dispositifs de couplage le cas échéant. Lorsque la fréquence est balayée par incréments, la taille des paliers ne doit pas dépasser 1 % de la valeur de la fréquence précédente. Le temps de maintien de la porteuse modulée en amplitude ne doit pas être inférieur au temps nécessaire d'application des stimuli pour qu'il puisse répondre, et en aucun cas ne doit être inférieur à 0,5 s. Les fréquences critiques (par exemple les fréquences d'horloges) doivent être analysées séparément.

NOTE 2 Etant donné que l'EST peut être perturbé par des transitoires se produisant au cours des changements de fréquences, il convient de prendre des dispositions pour l'éviter. Par exemple, avant le changement de fréquence, l'intensité du signal peut être abaissée de quelques dB en dessous du niveau d'essai.

Il convient de tenter d'appliquer à l'EST tous les stimuli nécessaires pendant l'essai afin de vérifier sa susceptibilité dans tous les modes sélectionnés.

L'utilisation de programmes d'application de stimuli est recommandée.

L'essai doit être effectué conformément à un plan d'essai.

Il peut être nécessaire d'effectuer des essais préliminaires pour établir certains aspects du plan d'essai.

9 Evaluation des résultats d'essai

Les résultats d'essai doivent être classés en tenant compte de la perte de fonction ou de la dégradation du fonctionnement du matériel soumis à l'essai, par rapport à un niveau de comportement défini par son constructeur ou par le demandeur de l'essai, ou en accord entre le constructeur et l'acheteur du produit. La classification recommandée est comme suit:

- a) comportement normal dans les limites spécifiées par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- b) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du fonctionnement cessant après la disparition de la perturbation, le matériel soumis à l'essai retrouve alors son fonctionnement normal sans l'intervention d'un opérateur;
- c) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du fonctionnement nécessitant l'intervention d'un opérateur;
- d) perte de fonction ou dégradation du fonctionnement non récupérable, due à une avarie du matériel ou du logiciel, ou à une perte de données.

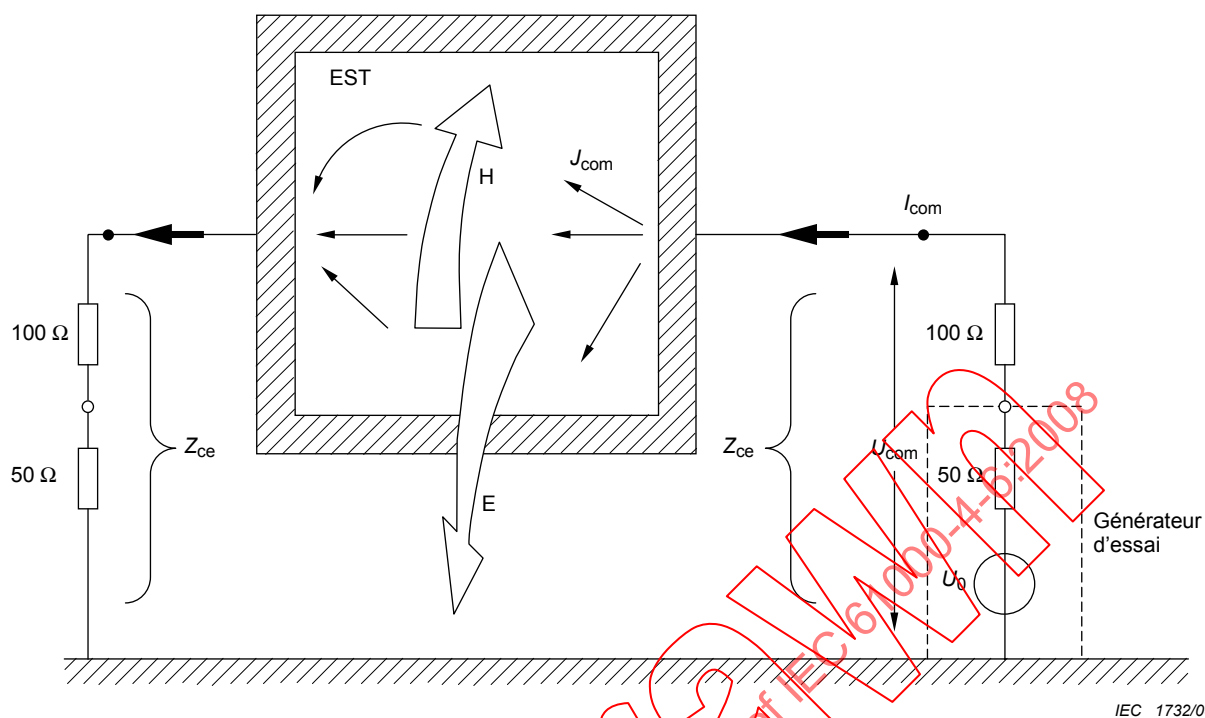
La spécification du constructeur peut définir des effets sur l'EST qui peuvent être considérés comme non significatifs et donc acceptables.

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

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir toutes les informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, ce qui suit doit être noté:

- l'identification de l'EST et de tous les matériels associés, par exemple marque, type, numéro de série;
- la taille de l'EST;
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EST;
- si l'EST est testé comme unité seule ou multiple;
- les types de câbles d'interconnexion, y compris leur longueur, et l'accès d'interface de l'EST auquel ils étaient connectés;
- toutes les conditions d'utilisation, par exemple longueur ou type de câble, blindage ou mise à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EST, qui sont nécessaires à l'obtention de la conformité;
- le temps de rétablissement de l'EST, le cas échéant;
- le type de moyen d'essai utilisé et la position de l'EST, du ou des EA, et des dispositifs de couplage et de découplage;
- l'identification des matériels d'essai, par exemple marque, type, numéro de série;
- les réseaux de couplage et de découplage utilisés sur chaque câble, et la longueur de leurs câbles internes;
- pour chaque accès d'injection, indiquer quels dispositifs de couplage étaient terminés par 50 Ω ;
- une description de la méthode de mise à l'épreuve de l'EST;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- la gamme des fréquences d'application de l'essai;
- la vitesse de balayage en fréquence, le temps de palier, et les pas de fréquences;
- le niveau d'essai appliqué;
- le niveau de performance défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- les critères d'aptitude à la fonction qui ont été appliqués;
- tous les effets observés sur l'EST pendant ou après l'application de la perturbation, et la durée pendant laquelle ces effets ont persisté;
- la justification de la décision succès/échec (basée sur le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits, ou dans l'accord entre le constructeur et l'acheteur).



Z_{ce} Impédance en mode commun du système constituant le réseau de couplage et de découplage, $Z_{ce} = 150 \, \Omega$

U_0 Tension de source du générateur d'essai (f.é.m.)

U_{com} Tension de mode commun entre l'EST et le plan de référence

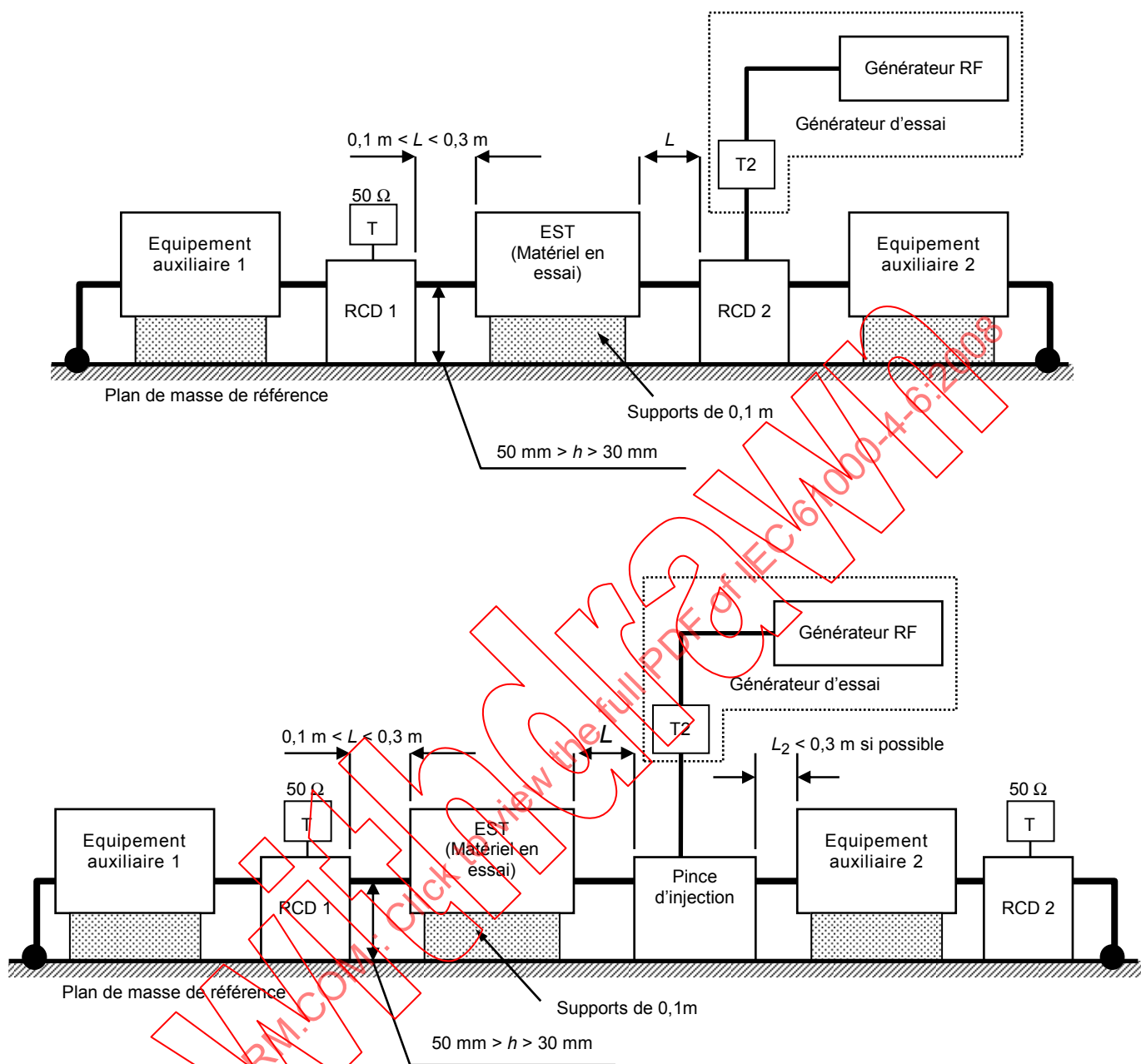
I_{com} Courant de mode commun dans l'EST

J_{com} Densité du courant sur la surface conductrice ou courants sur les autres conducteurs de l'EST

E, H Champs électrique et magnétique

NOTE Les résistances de $100 \, \Omega$ sont comprises dans les réseaux de couplage et de découplage. L'entrée gauche est chargée par une charge (passive) de $50 \, \Omega$ et l'entrée droite par l'impédance de source du générateur d'essai.

Figure 2a – Diagramme montrant les champs électromagnétiques proches de l'EST provoqués par les courants de mode commun sur ses câbles



IEC 1583/03

T charge 50 Ω

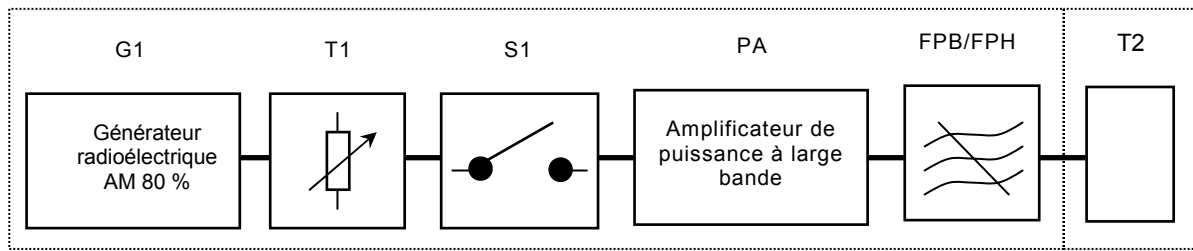
T2 atténuateur de puissance (6 dB)

CDN réseau de couplage/découplage

Pince d'injection pince de courant ou pince EM

Figure 2b – Schéma du montage d'essai d'immunité aux perturbations radioélectriques conduites

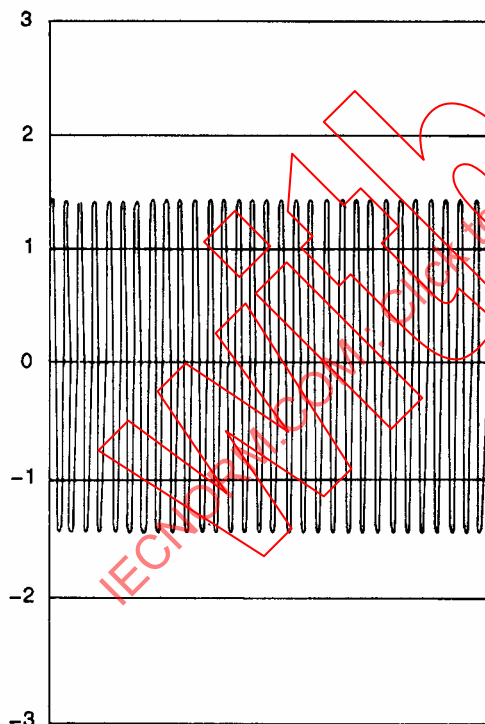
Figure 2 – Essai d'immunité aux perturbations radioélectriques conduites



IEC 1584/03

G1	Générateur radioélectrique	T1	Atténuateur variable
AP	Amplificateur de puissance à large bande	T2	Atténuateur fixe (6 dB)
FPB/FPH	Filtre passe-bas et/ou filtre passe-haut	S1	Commutateur radioélectrique

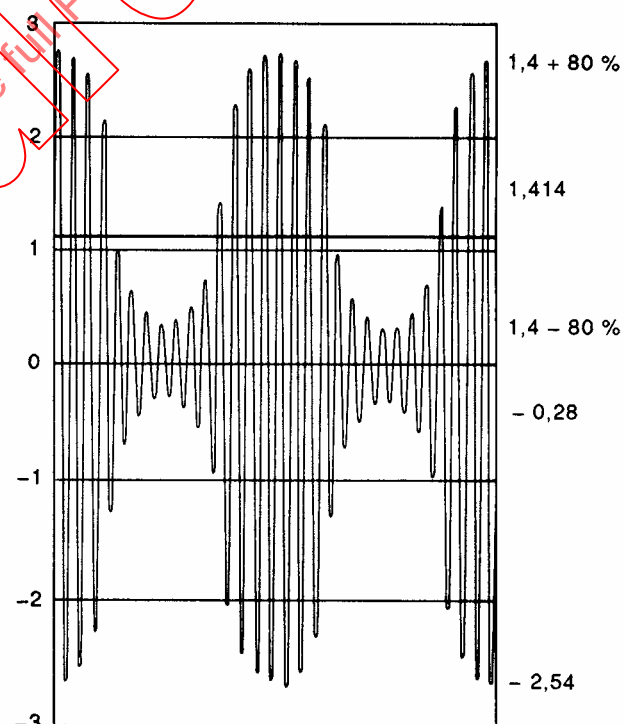
Figure 3 – Montage du générateur d'essai



IEC 222/96

Figure 4a – Signal radioélectrique non modulé

$$U_{pp} = 2,82 \text{ V}, U_{rms} = 1,00 \text{ V}$$

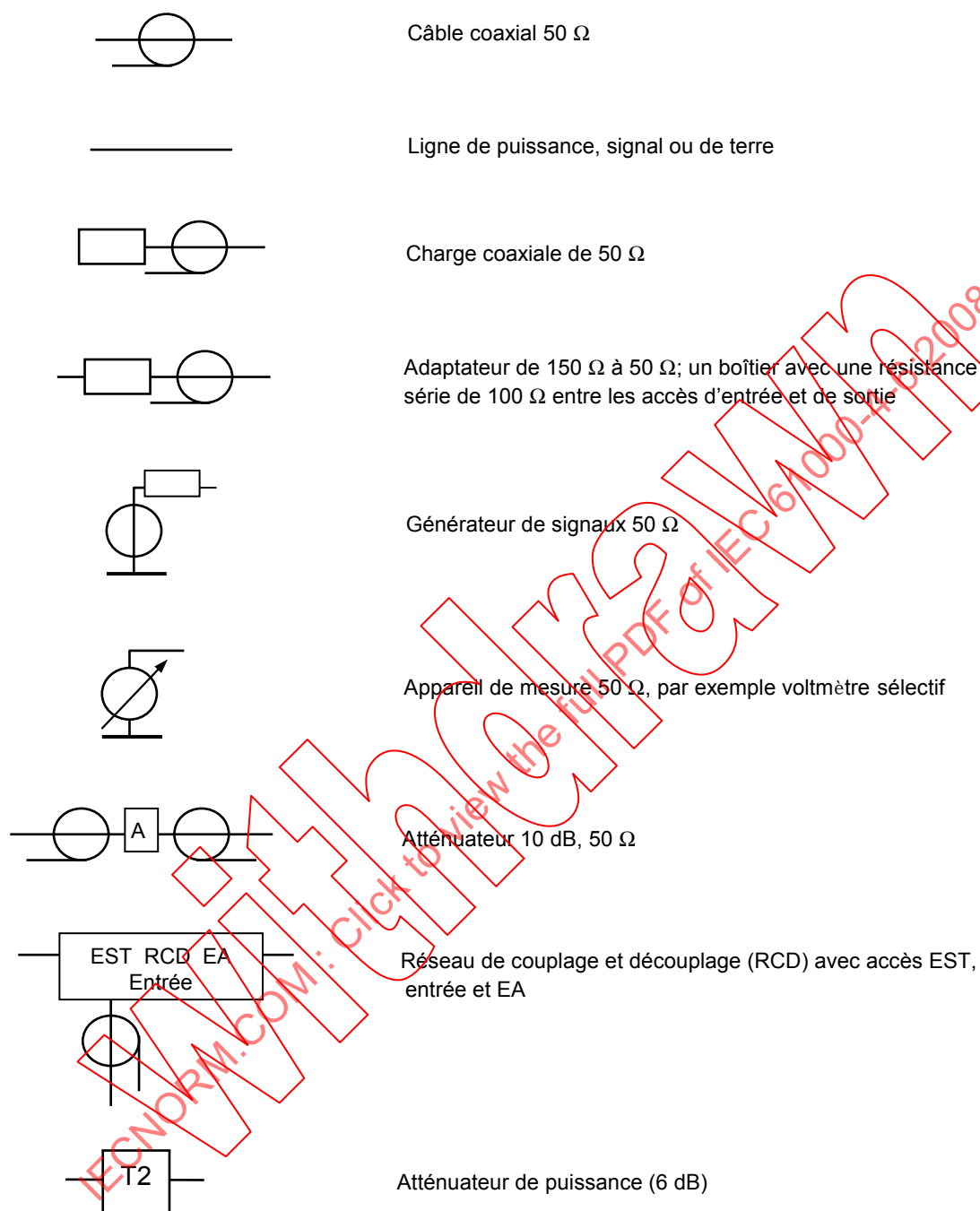


IEC 223/96

Figure 4b – Signal radioélectrique modulé, VAM 80 %

$$U_{pp} = 5,09 \text{ V}, U_{rms} = 1,12 \text{ V}$$

Figure 4 – Formes d'onde en circuit ouvert se produisant à l'accès EST d'un dispositif de couplage pour le niveau d'essai 1



IEC 1585/03

Figure 5a – Liste des symboles utilisés pour les principes de montage indiqués

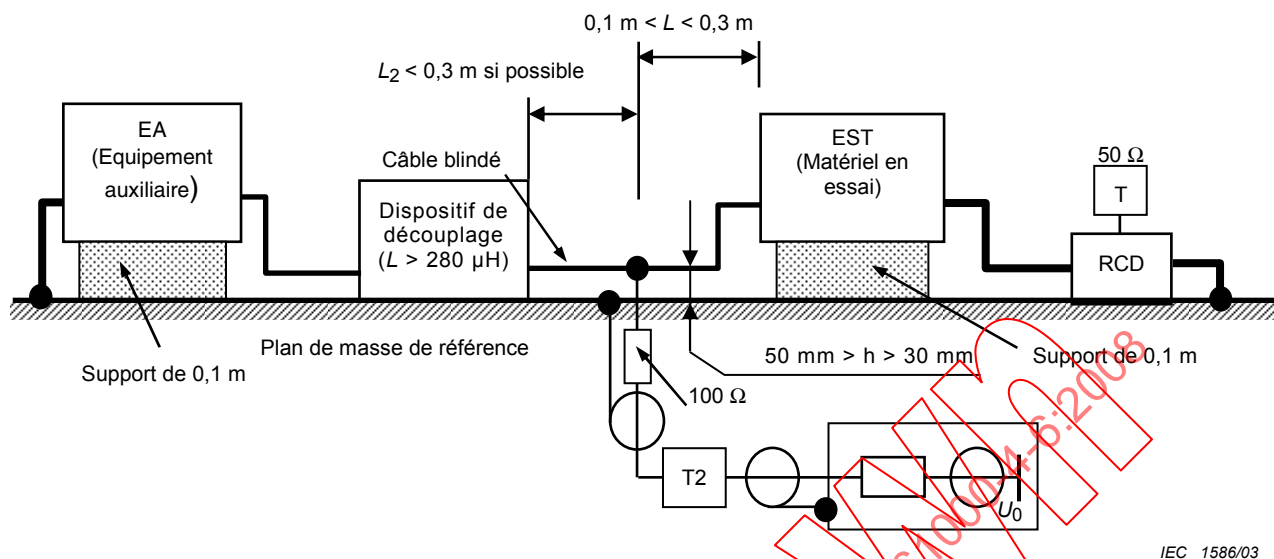


Figure 5b – Principe de l'injection directe sur câbles blindés

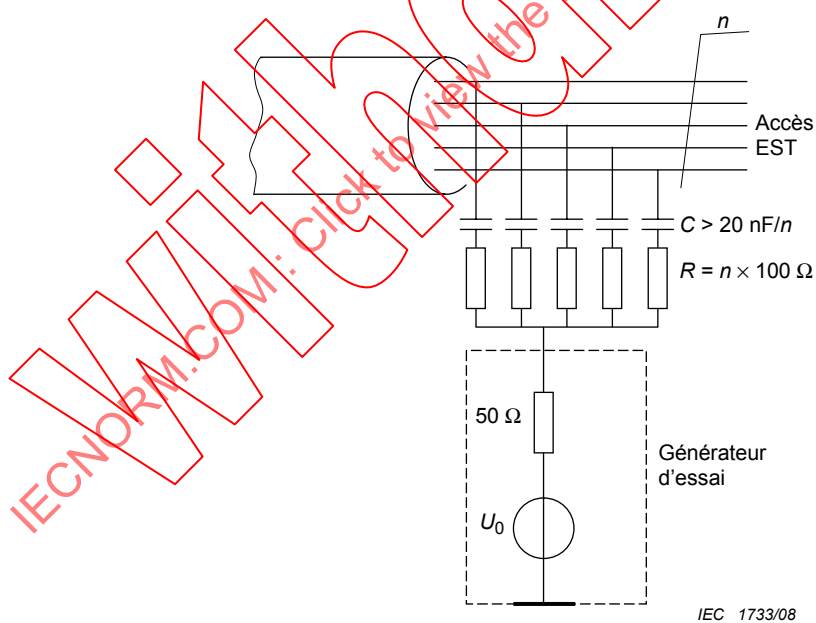
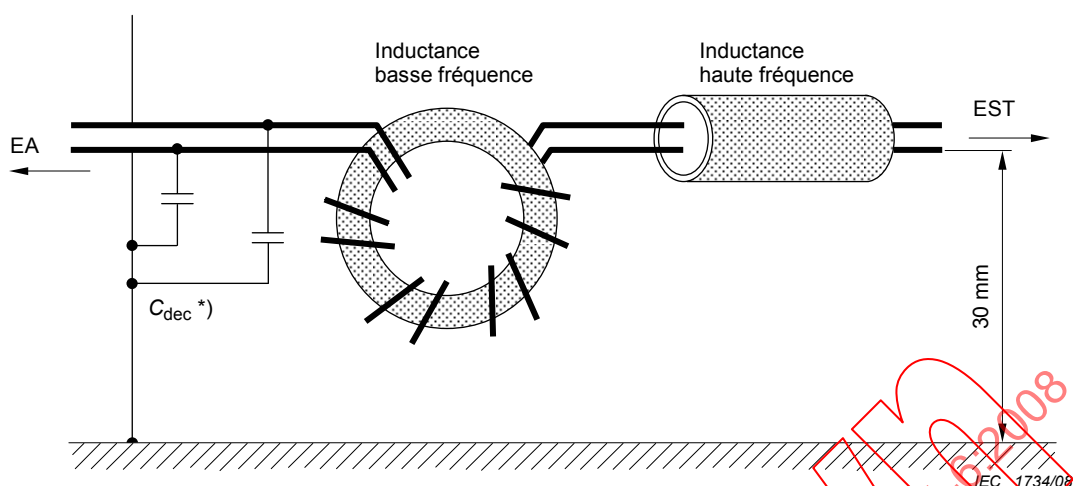


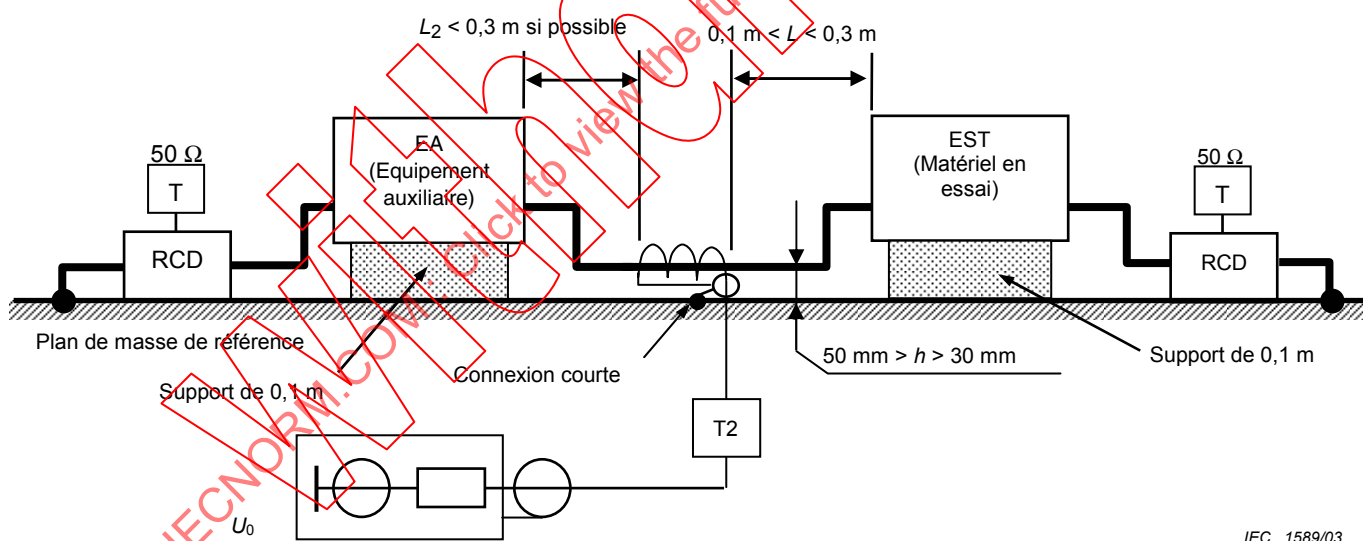
Figure 5c – Principe du couplage sur câbles non blindés



Exemple: C_{dec} typique = 47 nF (uniquement sur câbles non blindés), $L_{(150\text{ kHz})} \geq 280\text{ }\mu\text{H}$
 Inductance basse fréquence: 17 tours sur un tore de matériau ferrite: NiZn, $\mu_R = 1\,200$
 Inductance haute fréquence: 2-4 tores de ferrite (formant un tube), matériau: NiZn, $\mu_R = 700$

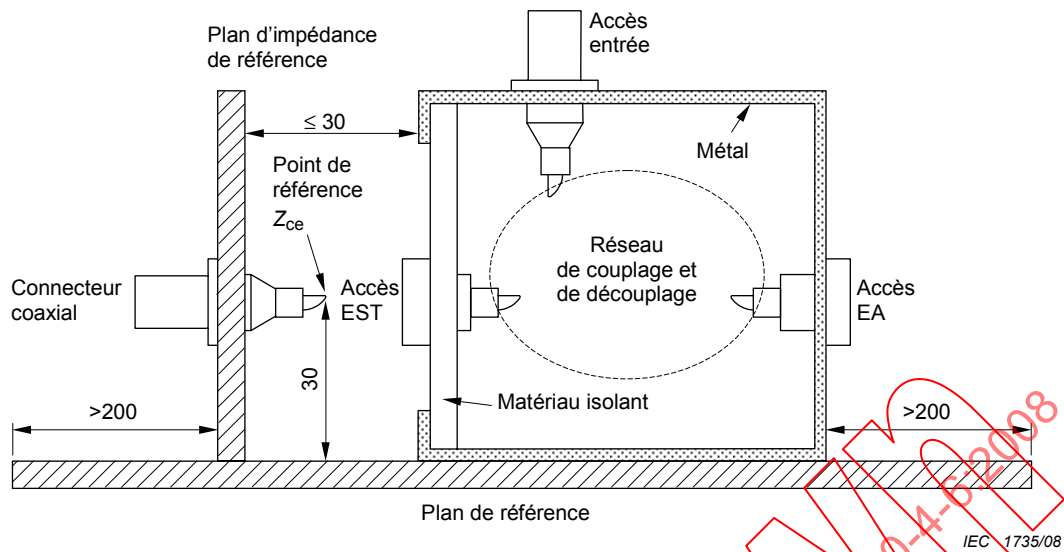
Figure 5d – Principe du découplage

Figure 5 – Principe du couplage et du découplage



Le RCD du câble raccordé à l'EA, par exemple le RCD-M1 connecté à la borne de terre ou le RCD-M3, doit être adapté avec 50 Ω sur l'accès d'entrée (voir 7.4).

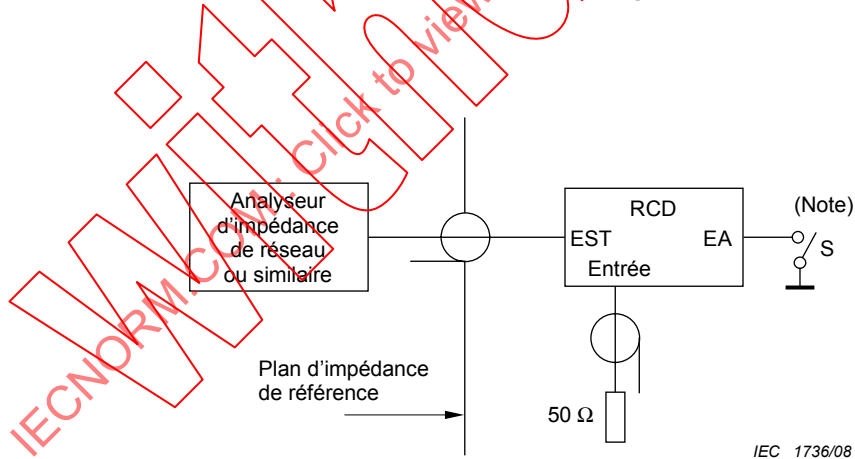
Figure 6 – Principe du couplage et du découplage selon la méthode d'injection par pince



Dimensions en millimètres

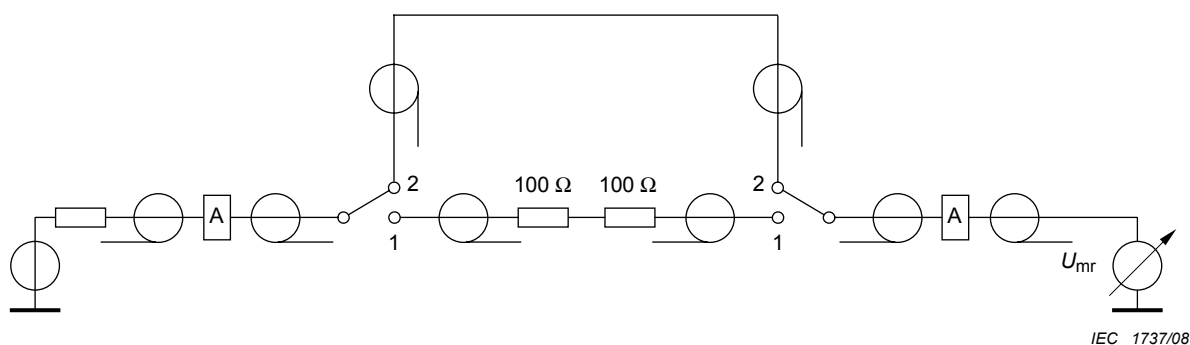
- Plan de référence: doit dépasser la géométrie des dispositifs de couplage et de découplage et autres composants d'au moins 0,2 m.
- L'accès EST est à 30 mm au-dessus du plan de masse de référence.
- Plan d'impédance de référence (avec connecteur BNC): 0,1 m × 0,1 m.
- Les deux plans doivent être en cuivre, en laiton ou en aluminium et présenter un bon contact radioélectrique.

Figure 7a – Exemple de la géométrie du montage servant à vérifier les caractéristiques d'impédance des dispositifs de couplage et de découplage



NOTE L'impédance requise s'obtient avec l'interrupteur S ouvert et fermé (voir 6.3).

Figure 7b – Principe du montage des dispositifs de couplage et de découplage servant à vérifier Z_{ce}



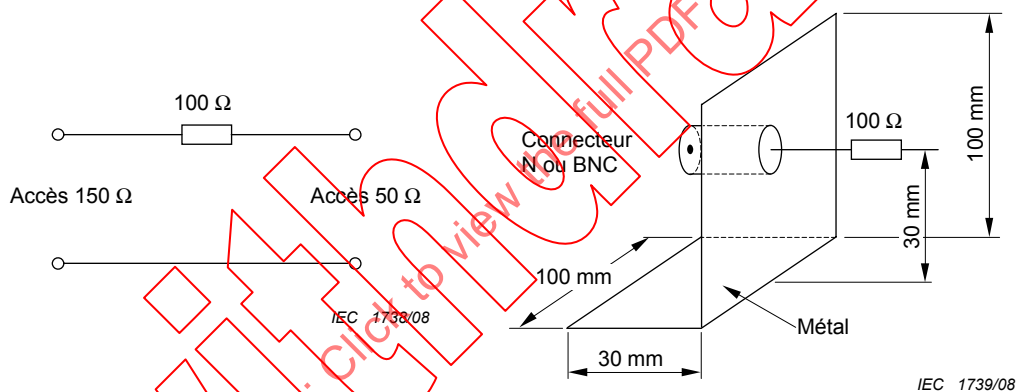
Perte d'insertion = U_{mr} (position 2 des commutateurs) – U_{mr} (position 1 des commutateurs)

dB

dB(μV)

dB(μV)

Figure 7c – Principe du montage servant à mesurer la perte d'insertion de deux adaptateurs 150 Ω à 50 Ω



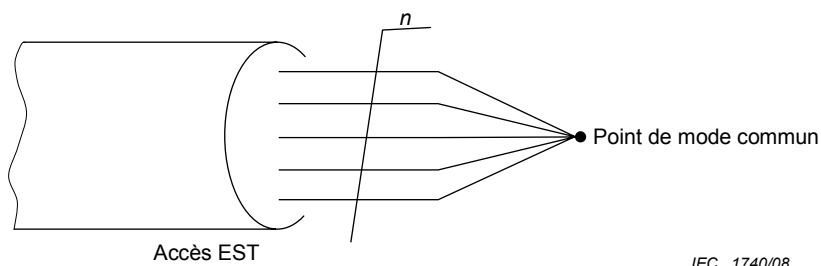
NOTE Résistance à faible inductance de capacité en puissance $\geq 2,5$ W

NOTE Identique à la Figure 7a (plan d'impédance de référence), mais avec une résistance à faible impédance ajoutée de 100 Ω.

Figure 7d – Adaptateurs 150 Ω à 50 Ω

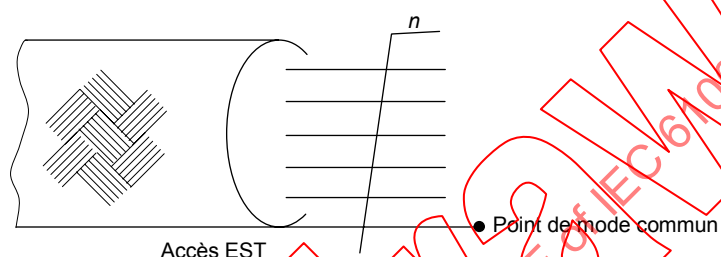
Figure 7e – Schéma de construction de l'adaptateur 150 Ω à 50 Ω

Figure 7 – Détails des montages et composants utilisés pour vérifier les caractéristiques principales des dispositifs de couplage et de découplage et des adaptateurs 150 Ω à 50 Ω



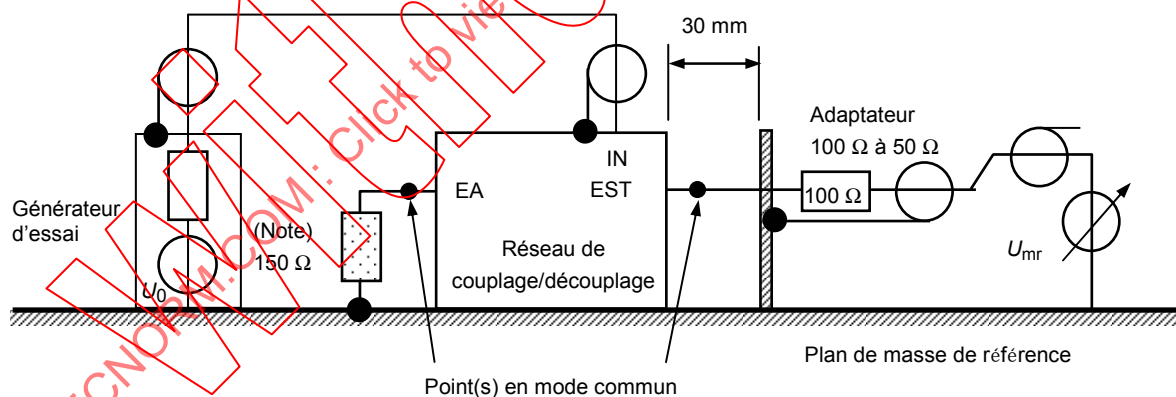
IEC 1740/08

Figure 8a – Définition d'un point de mode commun avec câbles non blindés



IEC 1741/08

Figure 8b – Définition d'un point de mode commun avec câbles blindés



IEC 1592/03

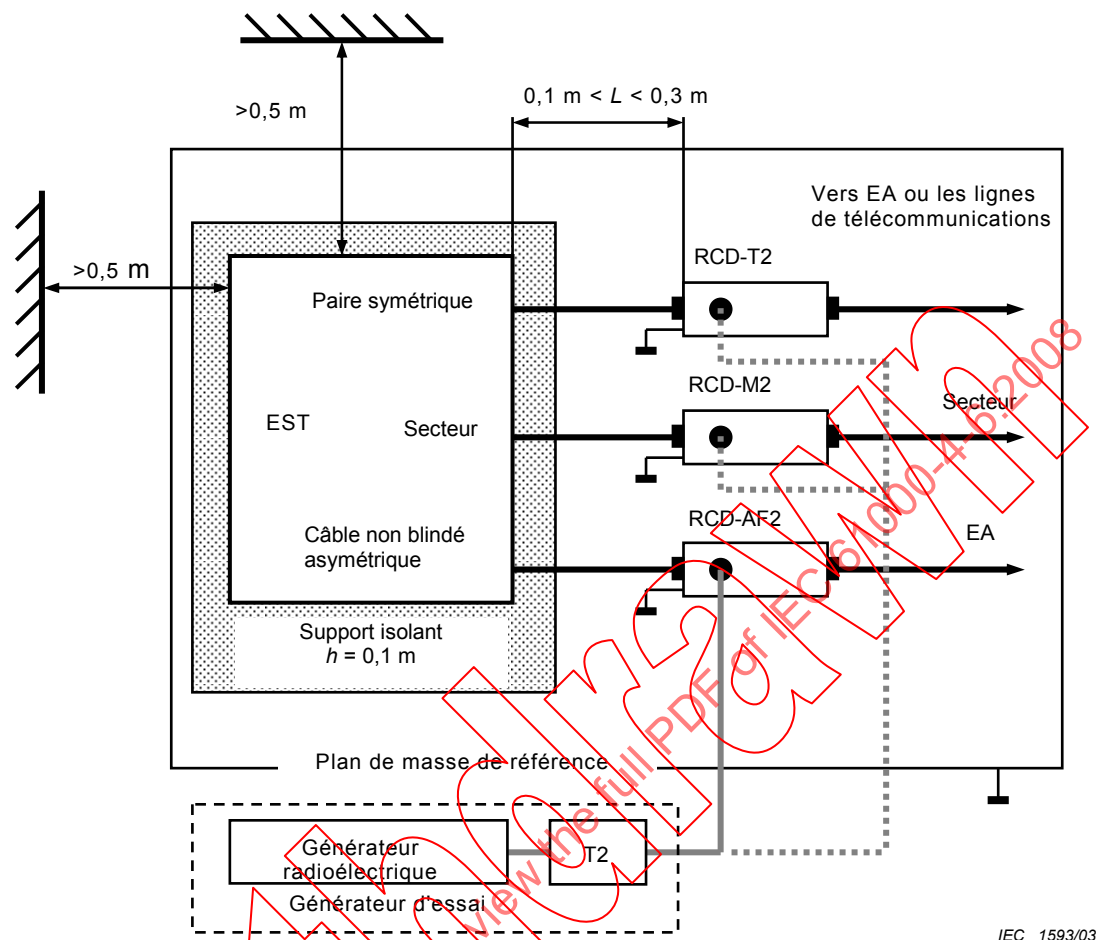
Exemples de dispositifs de couplage et découplage:

- réseaux de couplage et découplage (RCD);
- réseau d'injection directe (avec découplage);
- dispositif d'injection par pince (pince de courant ou électromagnétique).

NOTE La charge de 150 Ω par exemple un adaptateur 150 Ω à 50 Ω chargé par 50 Ω au niveau de l'accès de l'équipement auxiliaire (EA) ne doit s'appliquer qu'aux câbles non blindés (le blindage des câbles blindés doit être raccordé au plan de référence du côté équipement auxiliaire (EA)).

Figure 8c – Montage utilisé pour régler le niveau à l'accès EST des dispositifs de couplage et de découplage

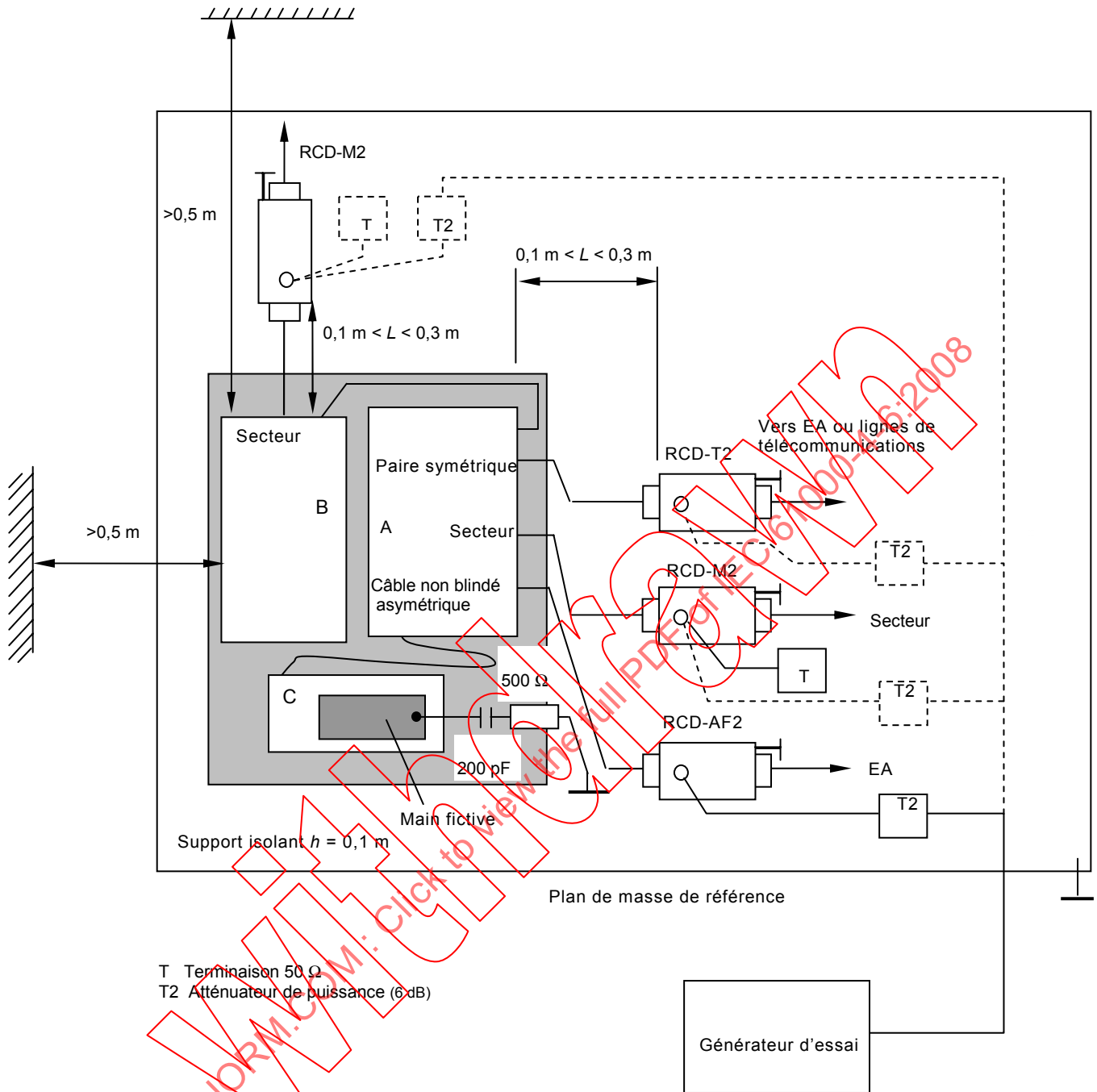
Figure 8 – Montage de réglage du niveau (voir 6.4.1)



IEC 1593/03

L'EST doit être placé à au moins 0,5 m de tout objet métallique.

Figure 9 – Exemple de montage d'essai avec un système à une seule unité



IEC 1594/03

L'EST doit être placé à au moins 0,5 m de tout obstacle métallique.

Seulement un des RCD non utilisé pour l'injection doit être chargé par 50 Ω, donnant une seule voie de retour. Tous les autres RCD doivent être couplés comme des réseaux de découplage.

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

Figure 10 – Exemple de montage d'essai avec un système à plusieurs unités

Annexe A (normative)

Informations supplémentaires pour la méthode d'injection par pince

A.1 Pince d'injection en courant

La pince de courant doit maintenir en dessous de 1 dB les pertes de transmission du montage d'essai lorsque l'essai s'effectue dans un système 50 Ω avec une pince de courant installée et reliée à une charge de 50 Ω à son accès d'entrée. La Figure A.1 montre la configuration du montage de réglage du niveau du circuit, et la Figure A.2 en indique la structure.

Le niveau de signal de la pince de courant est réglé avant l'essai. La procédure de réglage du niveau d'essai est décrite en 6.4.1 et illustrée par la Figure 8. Lorsque le réglage ne s'effectue pas à impédance de 150 Ω , mais avec un montage d'essai à 50 Ω , la procédure suivante doit s'appliquer.

- Le blindage du câble raccordé à l'entrée de la pince d'injection doit également être raccordé par une connexion basse impédance au plan de référence du montage d'essai.
- Le montage d'essai doit être chargé, à une extrémité, par une charge coaxiale de 50 Ω , et à l'autre avec un atténuateur de puissance présentant un ROS inférieur à 1,2 sur toute la gamme des fréquences concernées. Cet atténuateur de puissance doit être raccordé à l'entrée 50 Ω du voltmètre RF ou de l'analyseur de spectre RF.
- Le niveau de sortie du générateur doit être augmenté jusqu'à ce que le niveau de tension mesuré sur le connecteur de sortie du montage d'essai atteigne le niveau d'essai requis, U_0 , moins 6 dB (voir 6.4.1). Le niveau de sortie du générateur doit être enregistré à chaque pas de fréquence.

A.2 Pince électromagnétique (EM)

La construction et la conception de la pince électromagnétique sont données aux Figures A.3, A.4 et A.5.

La pince électromagnétique EM, (contrairement aux pinces classiques d'injection de courant), présente une directivité ≥ 10 dB à des fréquences supérieures à 10 MHz; il n'est donc plus nécessaire d'avoir une impédance définie entre le point en mode commun de l'équipement auxiliaire EA et le plan de référence de la masse. Aux fréquences supérieures à 10 MHz, la pince électromagnétique (EM) se comporte comme un RCD.

La procédure de réglage du niveau de la pince électromagnétique (EM) doit se dérouler selon 6.4.1, dans un environnement 150 Ω comme indiqué à la Figure 8.

A.3 Dispositif d'essai

Pour réaliser l'essai, la pince est placée sur le câble à essayer. La pince doit être alimentée avec le niveau du générateur d'essai défini précédemment, lors de la procédure de réglage de niveau.

Pendant l'essai, une connexion à la terre doit être établie depuis l'écran de l'accès d'entrée de la pince d'injection de courant ou de la borne de terre de la pince électromagnétique au plan de référence de la masse (voir Figures A.6 et A.7).

Lorsque le courant obtenu au cours de l'essai, à la fois avec la pince électromagnétique (EM) et avec la pince de courant dépasse la valeur nominale du courant du circuit (voir 7.4), le niveau de sortie du générateur d'essai doit être réduit jusqu'à ce que le courant soit égal au niveau nominal. Ce niveau de sortie réduit du générateur d'essai doit être consigné dans le compte rendu d'essai.

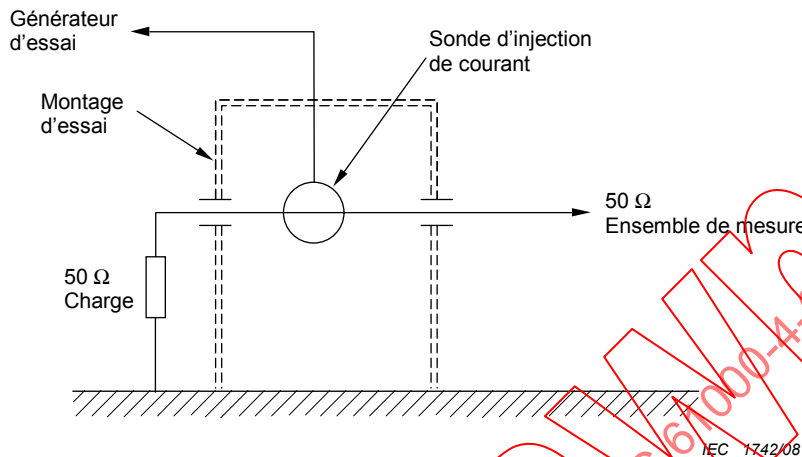
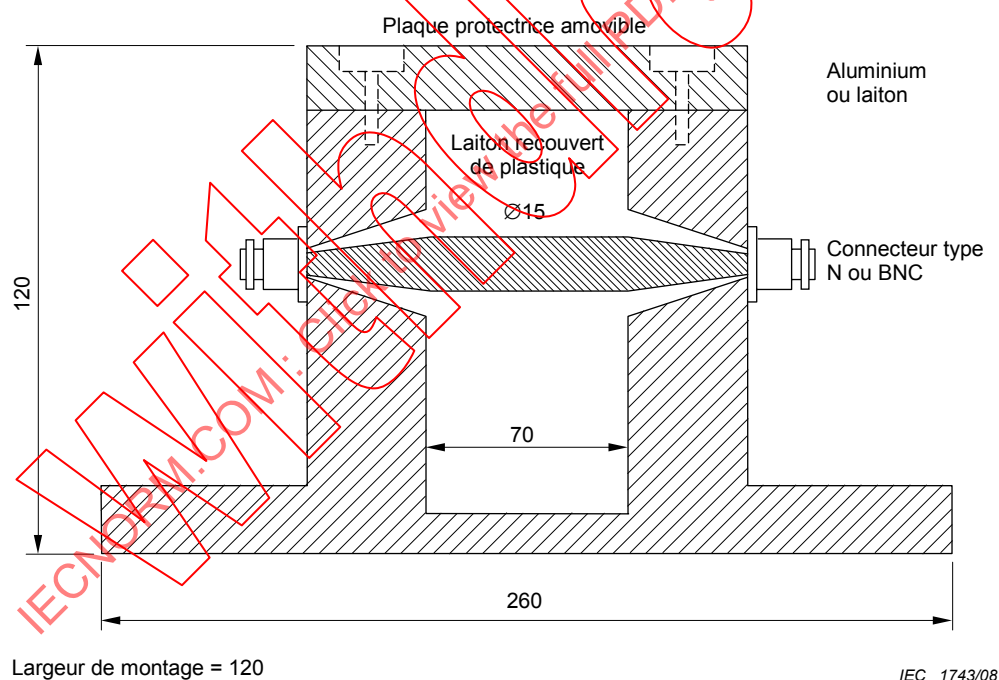
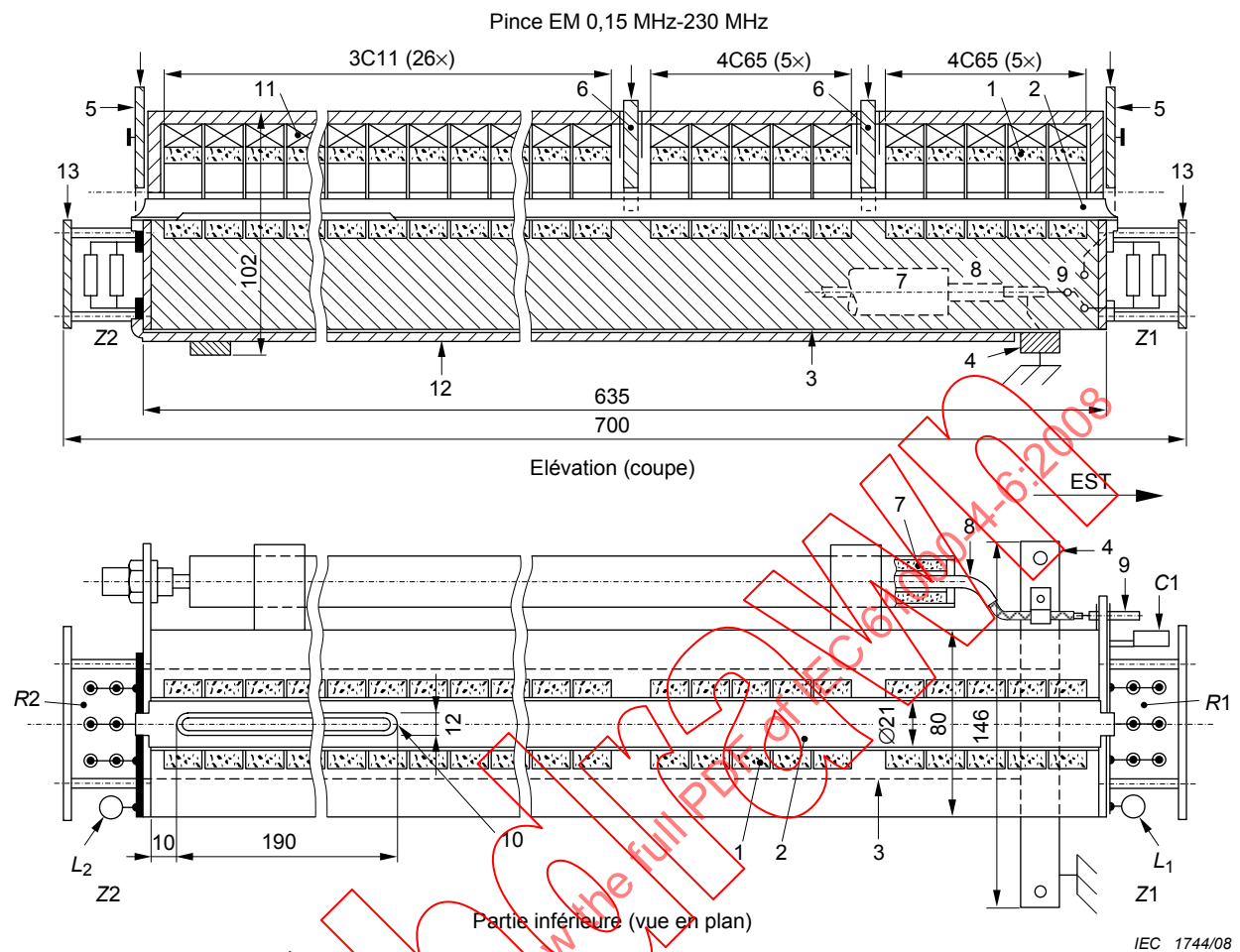


Figure A.1 – Configuration du circuit de réglage du niveau sur un montage d'essai 50 Ω



Dimensions en millimètres

Figure A.2 – Structure du montage d'essai 50 Ω

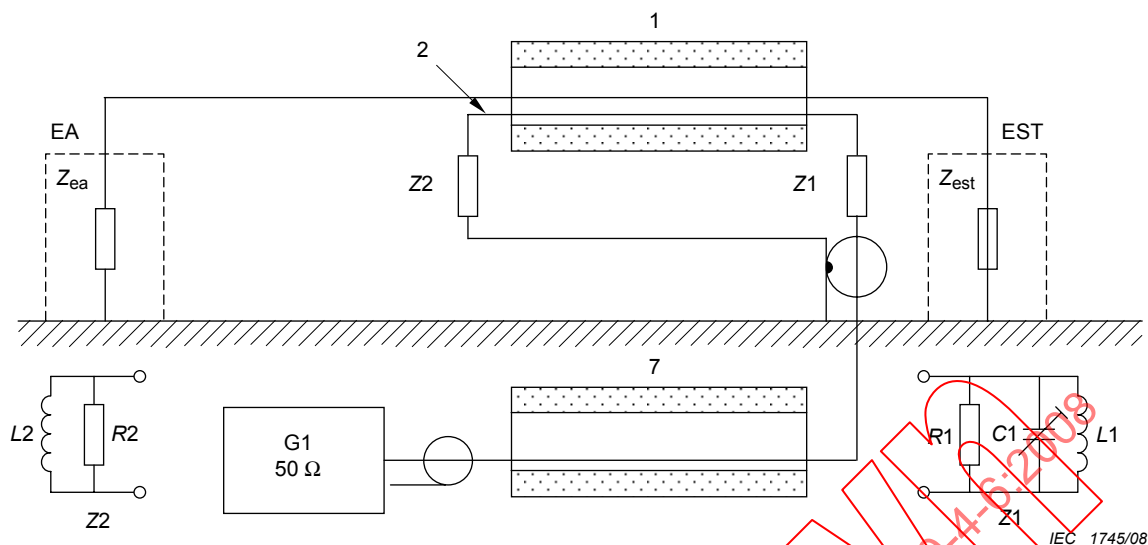


Dimensions en millimètres

Composants:

- 1 Bagues de ferrite $\varnothing 36 \times \varnothing 23 \times 15$ mm
10 bagues, type 4C65, NiZn, $\mu \approx 100$
26 bagues, type 3C11, MnZn, $\mu \approx 4\,300$
- 2 Demi-cylindre en feuille de cuivre collée à la gorge
- 3 Plaquette conductrice inférieure
- 4 Barre de mise à la terre
- 5/6 Dispositifs de mise en pression du câble à l'essai dans la gorge
Pièces en matière isolante avec ressorts de pression (non illustrés)
- 7 Tube de ferrite, 4C65
- 8 Câble coaxial, 50 Ω , avec connecteur BNC
- 9 Commutateur pour la déconnexion de Z1
- 10 Encoche pour la pièce n° 2
- 11 Fixation élastique de la ferrite (demi-anneau supérieur)
- 12 Plaquette isolante inférieure
- 13 Plaquette de protection pour Z1, Z2
- EST Matériel en essai
- Z1 Impédance série: C_1 : 20-100 pF, L_1 : 0,15 μ H, R_1 : 50 Ω / 12 W
- Z2 Impédance série: L_2 : 0,8 μ H, R_2 : 50 Ω / 12 W

Figure A.3 – Détails de construction de la pince électromagnétique (EM)



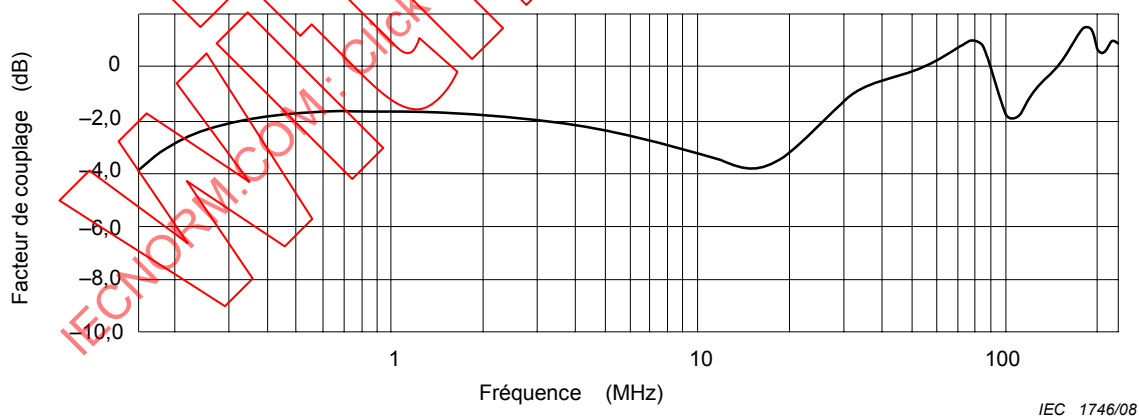
Composants:

- 1 Tube de ferrite (pince) longueur 0,6 m, $\varnothing$ 20 mm, composé de 10 bagues 4C65 ($\mu \approx 100$) côté EST et de 26 bagues 3C11 ($\mu \approx 4\,300$) côté équipement auxiliaire (EA)
- 2 Demi-cylindre en feuille de cuivre
- 7 Tube de ferrite ($\mu \approx 100$) inclus dans la construction de la pince électromagnétique (EM)
- Z1, Z2 intégrées pour optimiser la réponse en fréquence et la directivité
- G1 Générateur d'essai

Principe de la pince électromagnétique (EM):

- couplage magnétique par le tube de ferrite (position 1);
- couplage électrique par proximité entre le câble de l'EST et la feuille de cuivre (position 2).

Figure A.4 – Concept de la pince EM (pince électromagnétique)



Caractéristiques typiques d'une construction d'une pince électromagnétique (EM) disponible dans le commerce:

- Plage de fréquences de fonctionnement: 0,15 MHz à 230 MHz
- Réponse en fréquence du facteur de couplage de la pince électromagnétique (EM)
- Directivité et découplage EST/EA ≥ 10 dB au-dessus de 10 MHz

Figure A.5 – Facteur de couplage de la pince électromagnétique (EM)