

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61000-4-25

Première édition
First edition
2001-11

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

**Partie 4-25:
Techniques d'essai et de mesure –
Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA
des appareils et des systèmes**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

**Part 4-25:
Testing and measurement techniques –
HEMP immunity test methods for equipment
and systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61000-4-25:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61000-4-25

Première édition
First edition
2001-11

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4-25:

**Techniques d'essai et de mesure –
Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA
des appareils et des systèmes**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4-25:

**Testing and measurement techniques –
HEMP immunity test methods for equipment
and systems**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Généralités	22
5 Essais d'immunité et niveaux de sévérité	22
5.1 Introduction	22
5.2 Essais d'immunité	22
5.3 Niveaux de sévérité	24
5.4 Essais de perturbations rayonnées	24
5.4.1 Niveaux de sévérité des essais de perturbations rayonnées	24
5.4.2 Spécifications des essais d'immunité aux perturbations rayonnées	24
5.4.3 Dispositifs d'essai aux rayonnements de petite dimension	26
5.4.4 Simulateurs IEMN-HA de grande taille	28
5.4.5 Prescriptions pour le spectre de domaine fréquentiel	30
5.5 Essais de perturbations conduites	32
5.5.1 Niveaux de sévérité des essais de perturbations conduites	32
5.5.2 Spécifications des essais d'immunité aux perturbations conduites	38
6 Matériel d'essai	40
6.1 Essais de champs rayonnés	40
6.1.1 Générateur de champ rayonné	40
6.1.2 Instrumentation	40
6.2 Essais de perturbations conduites	42
6.2.1 Générateur d'essai	42
6.2.2 Instrumentation	46
7 Configuration d'essai	46
7.1 Essai aux perturbations rayonnées	46
7.2 Essai aux perturbations conduites	48
8 Procédure d'essai	48
8.1 Conditions climatiques	50
8.2 Niveau de sévérité et expositions d'essai	50
8.3 Procédure d'essai pour les perturbations rayonnées	52
8.3.1 Mesures des paramètres d'essai	52
8.3.2 Procédure d'essai des perturbations rayonnées	52
8.4 Procédure d'essai d'immunité aux perturbations conduites	54
8.5 Exécution de l'essai	56
8.5.1 Exécution de l'essai d'immunité aux perturbations rayonnées	56
8.5.2 Exécution de l'essai d'immunité aux perturbations conduites	56
9 Résultats d'essai et rapports d'essai	58
Annexe A (informative) Notes explicatives concernant les niveaux d'essai	60
Annexe B (informative) Essais d'immunité aux perturbations conduites applicables aux antennes	78
Annexe C (informative) Essais d'immunité aux perturbations conduites	82
Annexe D (normative) Essai d'onde oscillatoire amortie	90

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references.....	13
3 Definitions	15
4 General	23
5 Immunity tests and immunity test levels	23
5.1 Introduction	23
5.2 Immunity tests	23
5.3 Immunity test levels	25
5.4 Radiated disturbance tests.....	25
5.4.1 Radiated immunity test levels.....	25
5.4.2 Radiated immunity test specifications.....	25
5.4.3 Small radiated test facilities	27
5.4.4 Large HEMP simulators	29
5.4.5 Frequency domain spectrum requirements	31
5.5 Conducted disturbance tests.....	33
5.5.1 Conducted immunity test levels	33
5.5.2 Conducted immunity test specifications	39
6 Test equipment.....	41
6.1 Radiated field tests.....	41
6.1.1 Radiated field generator.....	41
6.1.2 Instrumentation.....	41
6.2 Conducted disturbance tests.....	43
6.2.1 Test generator	43
6.2.2 Instrumentation.....	47
7 Test set-up	47
7.1 Radiated disturbance test	47
7.2 Conducted disturbance test	49
8 Test procedure	49
8.1 Climatic conditions.....	51
8.2 Immunity test level and test exposures.....	51
8.3 Radiated disturbance test procedure	53
8.3.1 Test parameter measurements	53
8.3.2 Radiated test procedure.....	53
8.4 Conducted disturbance immunity test procedure	55
8.5 Test execution	57
8.5.1 Execution of the radiated immunity test.....	57
8.5.2 Execution of the conducted immunity test.....	57
9 Test results and test reports	59
Annex A (informative) Rationale for the immunity test levels	61
Annex B (informative) Conducted immunity tests for antennas	79
Annex C (informative) Conducted disturbance immunity tests	83
Annex D (normative) Damped oscillatory wave test.....	91

Figure 1 – Amplitude dans le domaine fréquentiel entre 100 kHz et 300 MHz	26
Figure C.1 – Schéma fonctionnel pour les essais d'immunité EC10 et EC11	84
Figure C.2 – Exemple de schéma de circuit simplifié d'un générateur de transitoires rapides/salves	84
Figure C.3 – Forme d'onde d'une impulsion EC10 sur une charge de 50 Ω	86
Figure C.4 – Exemple de générateur EC11 (voir article C.1 pour les détails)	86
Figure C.5 – Forme d'onde d'une impulsion EC11 sur une charge de 50 Ω	88
Figure C.6 – Schéma fonctionnel simplifié pour les niveaux de sévérité LC	88
Figure C.7 – Forme d'onde d'impulsion lente LC	88
Tableau 1 – Niveaux des essais d'immunité aux perturbations rayonnées définies dans cette norme	24
Tableau 2 – Niveaux d'essai d'immunité aux perturbations conduites initiales	34
Tableau 3 – Niveaux d'essai d'immunité aux perturbations IEMN-HA conduites intermédiaires	36
Tableau 4 – Niveaux d'essai pour environnements à perturbations conduites IEMN-HA finales	38
Tableau 5 – Essais pour les effets des environnements à perturbations IEMN-HA conduites finales pour les accès en courant alternatif à basse tension	38
Tableau 6 – Spécifications pour l'essai d'immunité aux perturbations IEMN-HA conduites	40
Tableau A.1 – Niveaux d'essai d'immunité aux perturbations rayonnées	62
Tableau A.2 – Environnements à perturbations IEMN-HA conduites initiales en mode commun	64
Tableau A.3 – Environnements à perturbations IEMN-HA conduites initiales dans les circuits BT (circuits basse tension jusqu'à 1 000 V)	66
Tableau A.4 – Environnements à perturbations conduites IEMN-HA initiales	68
Tableau A.5 – Niveaux d'essai des environnements à perturbations conduites IEMN-HA initiales pour les circuits BT (Circuits basse tension jusqu'à 1000 V)	70
Tableau A.6 – Exemple de niveaux d'essai de perturbations IEMN-HA initiales pour différentes applications	72
Tableau D.1 – Procédure d'essai numéro 3.8 de l'ISO 7137	90
Tableau D.2 – Essai d'injection de courant VG	92
Tableau D.3 – MIL-STD-461-E	92

Figure 1 – Frequency domain spectral magnitude between 100 kHz and 300 MHz.....	27
Figure C.1 – Block diagram for EC10 and EC11 immunity tests	85
Figure C.2 – Example of a simplified circuit diagram of a fast transient/burst generator.....	85
Figure C.3 – Waveshape of an EC10 pulse into a 50 Ω load	87
Figure C.4 – Example of an EC11 generator (see clause C.1 for details).....	87
Figure C.5 – Waveshape of an EC11 pulse into a 50 Ω load	89
Figure C.6 – Simplified block diagram for LC immunity test levels	89
Figure C.7 – Waveshape of the LC slow pulse	89
Table 1 – Radiated immunity test levels defined in the present standard	25
Table 2 – Early time conducted immunity test levels	35
Table 3 – Intermediate time HEMP conducted immunity test levels	37
Table 4 – Conducted environment immunity test levels for late-time HEMP	39
Table 5 – Late time HEMP conducted environment effects tests for low-voltage a.c. power ports	39
Table 6 – Conducted HEMP immunity test specifications	41
Table A.1 – Radiated immunity test levels	63
Table A.2 – Conducted common-mode early time HEMP environments	65
Table A.3 – Early time HEMP conducted environments on LV circuits (low-voltage circuits up to 1 000 V.)	67
Table A.4 – Conducted environments for early time HEMP	69
Table A.5 – Early time HEMP conducted environments immunity test levels for LV circuits (low-voltage circuits up to 1000 V)	71
Table A.6 – Example early time HEMP immunity test levels for various applications.....	73
Table D.1 – ISO 7137 test procedure reference number 3.8.....	91
Table D.2 – VG current injection test	93
Table D.3 – MIL-STD-461-E	93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-25: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA des appareils et des systèmes

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 61000-4-25 a été établie par le sous-comité 77C: Phénomènes transitoires de forte intensité, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la partie 4-25 de la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77C/113/FDIS	77C/117/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe D fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-25: Testing and measurement techniques –
HEMP immunity test methods for equipment and systems**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61000-4-25 has been prepared by subcommittee 77C: High power transient phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms part 4-25 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

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

FDIS	Report on voting
77C/113/FDIS	77C/117/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 3.

Annex D forms an integral part of this standard.

Annexes A, B and C are for information only.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

The committee has decided that the content of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La CEI 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties séparées, 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 produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Guide d'installation et d'atténuation

Guides 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 en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie, suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-6-1).

INTRODUCTION

This standard is part of the IEC 61000 series, 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 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 completed by a second number identifying the subdivision (example: 61000-6-1).

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-25: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA des appareils et des systèmes

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61000 décrit les niveaux d'essai pour l'immunité et les méthodes d'essai correspondantes applicables aux appareils et aux systèmes électriques et électroniques exposés à l'environnement des impulsions électromagnétiques nucléaires à haute altitude (IEMN-HA). Elle définit des gammes de niveaux d'essai pour l'immunité ainsi que les procédures d'essai. Cette norme définit également les spécifications pour les matériels et la configuration d'essai, les procédures d'essai, les critères d'acceptation ou de rejet et les prescriptions pour la documentation d'essai. Ces essais sont destinés à démontrer l'immunité des appareils électriques et électroniques aux perturbations électromagnétiques IEMN-HA rayonnées et conduites. Pour les essais d'immunité aux perturbations rayonnées, cette norme définit des spécifications à la fois pour les dispositifs d'essai de petite dimension et les simulateurs IEMN-HA de grande taille.

La présente partie de la CEI 61000 définit les spécifications pour les essais d'immunité en laboratoire. Elle spécifie également des essais sur site pour vérifier l'immunité des appareils une fois installés. Ces essais utilisent les mêmes spécifications que les essais en laboratoire, sauf en ce qui concerne les aspects climatiques de l'environnement.

L'objectif de cette partie de la CEI 61000 est d'établir une base commune et reproductible pour l'évaluation des performances des appareils électriques et électroniques, lorsqu'ils sont soumis à l'environnement d'IEMN-HA rayonnées ainsi que de transitoires conduits associés sur les réseaux d'alimentation électrique, les antennes, les signaux d'entrée/sortie (E/S) et les lignes de service.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61000. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61000 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(161), *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 61000-2-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 5: Classification des environnements électromagnétiques*. Publication fondamentale en CEM

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-25: Testing and measurement techniques – HEMP immunity test methods for equipment and systems

1 Scope

This part of IEC 61000 describes the immunity test levels and related test methods for electrical and electronic equipment and systems exposed to high-altitude electromagnetic pulse (HEMP) environments. It defines ranges of immunity test levels and establishes test procedures. Specifications for test equipment and instrumentation test set-up, test procedures, pass/fail criteria, and test documentation requirements are also defined by this standard. These tests are intended to demonstrate the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to HEMP radiated and conducted electromagnetic disturbances. For radiated disturbance immunity tests, specifications are defined in this standard both for small test facilities and large HEMP simulators.

This part of IEC 61000 defines specifications for laboratory immunity tests. On-site tests performed on equipment in the final installation to verify immunity are also specified. These verification tests use the same specifications as laboratory tests, except for the climatic environmental specifications.

The objective of this part of IEC 61000 is to establish a common and reproducible basis for evaluating the performance of electrical and electronic equipment, when subjected to HEMP radiated environments and the associated conducted transients on power, antenna, and input/output (I/O) signal and control lines.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61000. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61000 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 61000-2-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments*. Basic EMC publication

CEI 61000-2-9, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 9: Description de l'environnement IEMN-HA – Perturbations rayonnées*. Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-2-10, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-10: Environnement – Description de l'environnement IEMN-HA – Perturbations conduites*

CEI 61000-2-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-11: Environnement – Classification de l'environnement IEMN-HA*. Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*. Publication fondamentale en CEM

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

CEI 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 11: Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

CEI 61000-4-12, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 12: Essais d'immunité aux ondes oscillatoires*

CEI 61000-4-13, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux harmoniques, interharmoniques, incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif* – Publication fondamentale en CEM¹

CEI 61000-4-20, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans des guides d'ondes TEM¹*

CEI 61000-5-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5-3: Guides d'installation et d'atténuation – Concepts de protection IEMN-HA*

CEI 61000-5-4/TR, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5-4: Guides d'installation et d'atténuation – Dispositifs de protection contre les perturbations rayonnées IEMN-HA*. Publication fondamentale en CEM

CEI 61024-1, *Protection des structures contre la foudre – Première partie: Principes généraux*

ISO 7137, *Aéronefs – Conditions d'environnement et procédures d'essai pour les équipements embarqués*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61000, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

niveau de compatibilité

niveau de perturbation électromagnétique utilisé comme niveau de référence pour assurer la coordination de l'établissement des limites d'émission et d'immunité

[VEI 161-03-10]

¹ A publier.

IEC 61000-2-9, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 9: Description of HEMP environment – Radiated disturbance*. Basic EMC publication

IEC 61000-2-10, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 10: Description of HEMP environment – Conducted disturbance*

IEC 61000-2-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 11: Classification of HEMP environments*. Basic EMC publication

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test*. Basic EMC Publication

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 12: Oscillatory waves immunity test*

IEC 61000-4-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests* – Basic EMC Publication ¹

IEC 61000-4-20, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides*¹

IEC 61000-5-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-3: Installation and mitigation guidelines – HEMP protection concepts*

IEC 61000-5-4/TR, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 4: Immunity to HEMP – Specifications for protective devices against HEMP radiated disturbance*. Basic EMC Publication

IEC 61024-1, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*

ISO 7137, *Aircraft – Environmental conditions and test procedures for airborne equipment*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61000, the following definitions apply.

3.1

compatibility level

specified electromagnetic disturbance level used as a reference level for co-ordination in the setting of emission and immunity limits

[IEV 161-03-10]

¹ To be published

3.2

couplage (IEMN-HA)

interaction entre les champs électromagnétiques et un système pour produire les courants et les tensions sur les surfaces et les câbles du système

3.3

pince de couplage

dispositif de dimensions et caractéristiques définies pour le couplage en mode commun du signal de perturbation au circuit en essai sans connexion galvanique avec celui-ci

3.4

réseau de couplage

circuit électrique pour le transfert d'énergie d'un circuit vers un autre circuit

3.5

réseau de découplage

circuit électrique destiné à empêcher que les surtensions appliquées à l'appareil en essai ne perturbent d'autres dispositifs, appareils ou systèmes, qui ne sont pas soumis à l'essai

3.6

dégradation (de fonctionnement)

écart non désiré des caractéristiques de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par rapport aux caractéristiques attendues

NOTE Le terme «dégradation» peut être un défaut de fonctionnement temporaire ou permanent.

[VEI 161-01-19]

3.7

perturbation électromagnétique parasite

phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système

[VEI 161-01-05, modifiée]

3.8

brouillage électromagnétique

dégradation apportée au fonctionnement d'un appareil, d'une voie de transmission ou d'un système par une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-06]

3.9

susceptibilité (électromagnétique)

inaptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique.

NOTE La susceptibilité est un manque d'immunité.

[VEI 161-01-21]

3.10

EUT

appareil soumis aux essais, qui peut être constitué d'une unité unique ou d'unités multiples interconnectées par des câbles, des liaisons de données, etc.

NOTE Les unités multiples interconnectées par des câbles, etc. sont aussi appelées «systèmes» [voir 3.27 ci-dessous].

3.2**coupling (HEMP)**

interaction of electromagnetic fields with a system to produce currents and voltages on system surfaces and cables

3.3**coupling clamp**

device of defined dimensions and characteristics for common mode coupling of the disturbance signal to the circuit under test without any galvanic connection to it

3.4**coupling network**

electrical circuit for the purpose of transferring energy from one circuit to another

3.5**decoupling network**

electrical circuit for the purpose of preventing over-voltages applied to the EUT from affecting other devices, equipment or systems, which are not under test

3.6**degradation (of performance)**

undesired departure in the operational performance of any device, equipment or system from its intended performance

NOTE The term “degradation” can apply to a temporary or permanent failure.

[IEV 161-01-19]

3.7**electromagnetic disturbance**

any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system

[IEV 161-01-05, modified]

3.8**electromagnetic interference**

degradation of the performance of a device, transmission channel or system caused by an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-06]

3.9**electromagnetic susceptibility**

inability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

NOTE Susceptibility is a lack of immunity.

[IEV 161-01-21]

3.10**EUT (equipment under test)**

the equipment under test can be a single unit or multiple units interconnected by cables, data links, etc.

NOTE Multiple units interconnected by cables, etc. are also called a system [see 3.27 below].

3.11

transformation de Fourier rapide

FFT

procédure mathématique pour calculer rapidement la transformée de Fourier directe ou inverse d'un signal temporel ou d'un spectre de fréquence, respectivement. Elle nécessite des points de données 2^m ($m = \text{entier}$) répartis de manière égale dans le temps et en fréquence et elle nécessite beaucoup moins de temps de calcul qu'une transformée de Fourier discrète normale (DFT)

3.12

plan de sol

surface conductrice plate dont le potentiel est pris comme référence

[VEI 161-04-36]

3.13

ligne de transmission haute tension

ligne d'alimentation électrique avec une tension de réseau en courant alternatif nominale supérieure ou égale à 100 kV

3.14

courant de court-circuit

I_{sc}

courant résultant d'une connexion anormale de résistance relativement faible entre deux points de potentiel différent dans un circuit

3.15

immunité (à une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-20]

3.16

niveau d'immunité

niveau maximal d'une perturbation électromagnétique de forme donnée agissant sur un dispositif, un appareil ou un système particulier, pour lequel celui-ci demeure capable de fonctionner avec la qualité voulue

[VEI 161-03-14]

3.17

niveau de l'essai d'immunité

valeur de la grandeur électromagnétique perturbatrice qui est spécifiée pour l'essai d'immunité.

NOTE Il est à noter que le texte de cette définition est identique à celui du niveau de sévérité (voir 3.24). Une norme d'essai peut spécifier plusieurs niveaux de sévérité en fonction de différents niveaux d'immunité.

3.18

simulateur IEMN-HA de grande taille

dispositif d'essai d'impulsion électromagnétique transitoire avec un volume d'essai suffisamment grand pour permettre les essais d'objets ayant des dimensions en volume supérieures ou égales à $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$

3.19

circuit d'alimentation BT (Basse Tension)

circuit d'alimentation ayant une tension nominale en courant alternatif comprise entre 120 V et 1 000 V

NOTE Les tensions normalisées dans cette plage de tensions sont données dans la CEI 60038.

3.11**fast Fourier transform****FFT**

mathematical procedure for rapidly computing the direct or inverse Fourier transform of a time domain signal or of a frequency domain spectrum, respectively. It requires 2^m (m = integer) data points that are equally spaced in time or frequency, and involves much less computation time than a standard discrete Fourier transform (DFT)

3.12**ground reference plane**

flat conductive surface, whose potential is used as a common reference

[IEV 161-04-36]

3.13**HV transmission line**

power line with a nominal a.c. system voltage equal to or greater than 100 kV

3.14**short circuit current** **I_{sc}**

current resulting from an abnormal connection of relatively low resistance between two points of different potentials in a circuit

3.15**immunity (to a disturbance)**

ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-20]

3.16**immunity level**

maximum level of a given electromagnetic disturbance incident on a particular device, equipment or system for which it remains capable of operating at a required degree of performance

[IEV 161-03-14]

3.17**immunity test level**

value of an influencing electromagnetic quantity specified for an immunity test

NOTE It is to be noted that the text of this definition is the same as for severity level. A test standard can specify several severity levels according to different immunity levels.

3.18**large HEMP simulator**

transient electromagnetic pulse test facility with a test volume sufficiently large to test objects with cubical dimensions equal to or greater than 1 m × 1 m × 1 m

3.19**LV (low-voltage) power circuit**

power circuit with a nominal a.c. voltage between 120 V and 1 000 V

NOTE The standard voltages in this voltage range are presented in IEC 60038.

3.20

ligne de transport MT (moyenne tension)

ligne d'alimentation électrique ayant une tension nominale en courant alternatif supérieure à 1 kV et inférieure à 35 kV utilisée pour transporter le courant électrique à l'intérieur d'une zone locale

NOTE Les tensions normalisées dans cette plage de tensions sont données dans la CEI 60038.

3.21

point d'entrée

accès d'entrée

PdE

emplacement physique (point) dans une barrière électromagnétique par lequel l'énergie électromagnétique peut entrer dans un volume topologique ou en sortir sauf en présence d'un dispositif de protection adéquat du PdE. Un PdE est plus qu'un simple point géométrique. Les PdE sont classés en PdE d'ouverture ou PdE conducteurs en fonction du type de pénétration. Ils sont également classés en PdE architecturaux, mécaniques, structurels ou électriques selon le cadre architectural dans lequel on les rencontre le plus fréquemment

3.22

largeur d'impulsion

durée de l'intervalle de temps entre les points sur les fronts montant et descendant d'une impulsion pour lequel la valeur instantanée est égale à 50 % de l'amplitude crête de l'impulsion

3.23

temps de montée (d'une impulsion)

durée de l'intervalle de temps entre les instants auxquels la valeur instantanée d'une impulsion atteint pour la première fois une valeur inférieure donnée puis une valeur supérieure donnée

[VEI 161-02-05]

NOTE Dans cette norme, la valeur inférieure est fixée à 10 % et la valeur supérieure à 90 % de la valeur de crête.

3.24

niveau de sévérité

valeur d'une grandeur électromagnétique d'influence spécifiée pour un essai d'immunité.

NOTE Il est à noter que le texte de cette définition est identique à celui du niveau de l'essai d'immunité (voir 3.17). Une norme d'essai peut spécifier plusieurs niveaux de sévérité en fonction de différents niveaux d'immunité.

3.25

dispositif d'essai aux rayonnements de petite dimension

dispositif d'essai de laboratoire à impulsions électromagnétiques transitoires, tel qu'une cellule TEM, ayant un volume d'essai suffisamment grand pour soumettre aux essais des objets d'un volume inférieur à 1 m x 1 m x 1 m

3.26

dispositif de protection contre les surtensions

SPD

dispositif pour supprimer les surtensions et les courants conduits par les lignes

NOTE Voir, par exemple, les limiteurs de surtensions définis dans la CEI 61024-1

3.27

système

équipement multiple ou unités électriques connectés par des câbles, des liaisons de données, etc.

3.28

volume d'essai

volume dans lequel les champs électromagnétiques satisfont ou dépassent les prescriptions d'intensité et d'uniformité de champ

3.20**MV (medium voltage) distribution power line**

power line with a nominal a.c. voltage above 1 kV and not exceeding 35 kV used to distribute power within a local area

NOTE The standard voltages in this voltage range are presented in IEC 60038.

3.21**point-of-entry****port-of-entry****PoE**

the physical location (point/port) on the electromagnetic barrier, where EM energy may enter or exit a topological volume, unless an adequate PoE protective device is provided. A PoE is not limited to a geometrical point. PoEs are classified as aperture PoEs or conductor PoEs, according to the type of penetration. They are also classified as architectural, mechanical, structural or electrical PoEs, according to the architectural engineering discipline in which they are usually encountered

3.22**pulse width**

time interval between the points on the leading and trailing edges of a pulse at which the instantaneous value is 50 % of the peak pulse amplitude

3.23**rise time (of a pulse)**

interval of time between the instants at which the instantaneous value of a pulse first reaches a specified lower value and then a specified upper value

[IEV 161-02-05]

NOTE In this standard, the lower value is ten (10) percent of the peak, and the upper value is ninety (90) percent of the peak value

3.24**severity level**

value of an influencing electromagnetic quantity specified for an immunity test

NOTE It is to be noted that the text of this definition is the same as for immunity test level. A test standard can specify several severity levels according to different immunity levels.

3.25**small radiated test facility**

laboratory transient electromagnetic pulse test facility such as a TEM cell with a test volume sufficiently large to test objects with cubical dimensions less than $1 \times 1 \times 1$ meter

3.26**surge protection device (SPD)**

device to suppress line conducted overvoltages and currents

NOTE Examples are surge suppressors defined in IEC 61024-1.

3.27**system**

multiple equipment or electrical units connected by cables, data links, etc.

3.28**test volume**

volume in which the incident electromagnetic fields meet, or exceed, the required strength and field uniformity requirements.

3.29

transitoire

se dit d'un phénomène qui varie entre deux régimes établis consécutifs pendant un intervalle de temps relativement court à l'échelle des temps considérée

[VEI 161-02-01]

3.30

tension en circuit ouvert

V_{oc}

tension entre des points d'un circuit dans lequel un des points a été créé en ouvrant ou en fermant le circuit

4 Généralités

L'essai à l'impulsion électromagnétique nucléaire à haute altitude se compose de deux parties principales: essai d'immunité aux perturbations rayonnées et essai d'immunité aux perturbations conduites. L'essai d'immunité aux perturbations rayonnées est réalisé pour vérifier que l'appareil en essai est capable de continuer à fonctionner lorsqu'il est exposé à des champs IEMN-HA *rayonnés*. De même, l'essai d'immunité aux perturbations conduites est réalisé pour vérifier que l'appareil en essai n'est pas perturbé par les transitoires IEMN-HA *conduits*. Ces transitoires correspondent à des courants et des impulsions de tension sur les conducteurs (fils, câbles) qui sont connectés à l'appareil en essai. En général, les transitoires IEMN-HA conduits et induits dans les lignes d'énergie et de télécommunication constituent souvent les menaces les plus sévères pour les appareils. Les essais d'immunité décrits dans cette norme nécessitent des tensions dangereuses. Des précautions dans le domaine haute tension seront nécessaires pour protéger la santé et la sécurité du personnel chargé des essais.

5 Essais d'immunité et niveaux de sévérité

5.1 Introduction

Cette norme a été établie pour spécifier l'essai d'immunité des appareils et des systèmes électriques ou électroniques à l'IEMN-HA. Le but est de permettre aux constructeurs de faire qualifier leurs appareils très tôt au cours du cycle de conception et d'utiliser au maximum les mêmes essais CEI d'immunité en laboratoire que ceux déjà prescrits pour d'autres aspects de CEM.

5.2 Essais d'immunité

Les essais d'immunité aux IEMN-HA sont de deux grands types: les essais d'immunité aux perturbations rayonnées et les essais d'immunité aux perturbations conduites. Pour les besoins de cette norme, le terme «appareil électronique» désigne un appareil qui assure une fonction spécifique. Il pourrait désigner un petit ordinateur ou un téléphone. Certains appareils (par exemple, un ordinateur relié à des périphériques complémentaires tels que des tableaux de commande pour surveiller des processus dans une usine) peuvent être considérés comme des éléments d'un système plus important. Souvent, les appareils électroniques sont relativement petits – de l'ordre de 1 m x 1 m x 1 m, voire plus petits encore. On considère comme acquis que la plupart des essais sur des appareils de si petite taille seront réalisés dans des laboratoires utilisant des simulateurs à injection de courant et des cellules TEM.

Pour les essais IEMN-HA (et CEM), la taille peut constituer un facteur déterminant, dans la mesure où il peut être difficile de soumettre des systèmes de grande taille aux essais, en particulier aux champs rayonnés. En général, les essais de champs rayonnés sur les systèmes et les appareils de grande taille ayant des dimensions supérieures à 1 m de côté nécessiteront un simulateur IEMN-HA de grande taille. Une particularité des essais IEMN-HA par rapport aux autres types d'essais de CEM est qu'il existe dans le monde plusieurs simulateurs IEMN-HA de grande taille (~10 m de haut) pour les perturbations initiales ($t < 1 \mu s$). Il est possible d'exposer certains systèmes et appareils de grande taille aux IEMN-HA initiales en reproduisant les

3.29**transient**

phenomenon which varies between two consecutive steady states during a time interval short compared with the time-scale of interest

[IEV 161-02-01]

3.30**open circuit voltage**

V_{oc}

voltage between points in a circuit where one of the points was created by opening or breaking the circuit

4 General

The nuclear high-altitude electromagnetic pulse test consists of two major parts: radiated immunity testing and conducted immunity testing. The radiated immunity test is performed for the purpose of demonstrating that the equipment under test has the ability to continue functioning when exposed to *radiated* HEMP fields. Similarly, the conducted immunity test is performed for the purpose of demonstrating that the equipment under test will not be adversely affected by exposure to *conducted* HEMP transients. These transients are current and voltage pulses on conductors (wires, cables) that are connected to the equipment. In general, conducted HEMP transients induced in power and telecom lines are often the most severe threats to equipment. The immunity tests described in this standard involve hazardous voltages. High-voltage precautions will be necessary to protect the health and safety of test personnel.

5 Immunity tests and immunity test levels**5.1 Introduction**

This standard has been developed to specify the HEMP immunity test for electrical or electronic equipment and systems. The intent is to allow manufacturers to qualify equipment early in the design cycle, and to use many of the same IEC laboratory immunity tests that are already prescribed for other EMC purposes.

5.2 Immunity tests

HEMP immunity tests consist of two major types: radiated immunity tests and conducted immunity tests. For the purpose of this standard, the term "electronic equipment" denotes an apparatus that performs a specific function. This could be a small computer or a telephone. Some equipment (for example, a computer connected to additional peripherals such as control boards to monitor processes in a factory) may be considered as part of a larger system. Often, electronic equipment are relatively small – on the order of 1 m x 1 m x 1 m or smaller. It is expected that most of the tests on such small equipment will be performed in laboratories using current injection simulators and TEM cells.

For HEMP (and EMC) tests, size can be an important factor, since very large systems may be difficult to test, especially by radiated fields. In general, radiated field tests on systems and large equipment with dimensions greater than 1 m on a side will require a large HEMP simulator. One aspect of HEMP testing that is different from other kinds of EMC testing is that there are several large (~10 m high) early-time ($t < 1 \mu s$) HEMP simulators throughout the world. It is possible to expose some systems and large equipment to the early-time HEMP

champs impulsionnels électriques et magnétiques. Ces simulateurs sont également utiles pour vérifier que l'appareil, conçu pour résister aux perturbations IEMN-HA au niveau de l'appareil et soumis à des essais destinés à vérifier cette résistance, fonctionnera correctement lorsqu'il sera intégré à un système complet.

5.3 Niveaux de sévérité

Cette norme définit des perturbations électromagnétiques représentatives de celles qui pourraient intervenir aux accès des appareils à la suite d'un phénomène nucléaire à haute altitude. Ces perturbations électromagnétiques peuvent être le résultat d'environnements IEMN-HA rayonnés et conduits, tels que modifiés par les éléments de protection éventuels. Ces perturbations électromagnétiques sont décrites dans la CEI 61000-2-9, la CEI 61000-2-10 et la CEI 61000-2-11. La justification des niveaux de sévérité et la réduction des agressions due aux éléments de protection et aux probables amorçages est donnée à l'annexe A.

5.4 Essais de perturbations rayonnées

5.4.1 Niveaux de sévérité des essais de perturbations rayonnées

Les niveaux des essais d'immunité aux perturbations rayonnées décrits ci-dessous ne concernent que les champs rayonnés initiaux. Les essais des champs IENM-HA intermédiaires et finaux ne sont pas exigés. Des informations concernant le choix des niveaux d'essai sont données à l'annexe A. Les valeurs de crête du champ électrique initial, $E_{\text{crête}}$, pour les niveaux de sévérité choisis sont données au tableau 1.

Tableau 1 – Niveaux des essais d'immunité aux perturbations rayonnées définies dans cette norme

Niveau d'essai	Essai nécessaire pour les appareils et les systèmes avec la protection suivante ^a	Valeur de crête du champ-E ^b $E_{\text{crête}}$ (kV/m)
R1	Concept 4	0,5
R2	Valeur intermédiaire	1
R3	Valeur intermédiaire	2
R4	Concepts 2A, 2B, 3	5
R5	Valeur intermédiaire	10
R6	Valeur intermédiaire	20
R7	Concepts 1A, 1B	50
RX	Applications spéciales	X
^a Les concepts de protection sont décrits dans la CEI 61000-5-3.		
^b Selon la CEI 61000-2-11, tableau 2.		

5.4.2 Spécifications des essais d'immunité aux perturbations rayonnées

En l'absence d'objet dans le simulateur, le champ électrique à l'intérieur du volume d'essai est une onde assimilable à une onde quasi plane, à exponentielle double décrite par une onde 2,5/25 ns, c'est-à-dire une onde unipolaire avec un temps de montée entre 10 % et 90 % de 2,5 ns et une largeur d'impulsion égale à 25 ns. Cette forme d'onde est donnée par l'équation suivante.

$$E(t) = E_{\text{crête}} \times k \times (e^{-\beta t} - e^{-\alpha t}) \quad \text{V/m} \quad (1)$$

où

$\alpha = 6,0 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$, $\beta = 4,0 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$, et

$k = 1,3$.

threat by reproducing the pulsed electric and magnetic fields. These simulators are also useful in verifying that equipment designed and tested for HEMP survival at the equipment level, will work properly when integrated into a complete system.

5.3 Immunity test levels

This standard defines electromagnetic disturbances that represent those which could result at the equipment ports due to a high-altitude nuclear event. These electromagnetic disturbances will be the result of the radiated and conducted HEMP environments, as modified by any protection elements. These electromagnetic disturbances are described in IEC 61000-2-9, IEC 61000-2-10 and IEC 61000-2-11. The rationale for the immunity test levels and threat reductions due to protection elements and probable flashovers are described in annex A.

5.4 Radiated disturbance tests

5.4.1 Radiated immunity test levels

The radiated immunity test levels described below involve only the early time radiated fields. Testing for the intermediate-time and late-time HEMP fields are not required. Information regarding the selection of the immunity test levels is given in annex A. The peak values of the early-time electric field, E_{peak} , for selected immunity test levels are listed in table 1.

Table 1 – Radiated immunity test levels defined in the present standard

Immunity test level	Test required for equipment and systems with the following protection ^a	E-field peak value ^b E_{peak} (kV/m)
R1	Concept 4	0,5
R2	Intermediate value	1
R3	Intermediate value	2
R4	Concepts 2A, 2B, 3	5
R5	Intermediate value	10
R6	Intermediate value	20
R7	Concepts 1A, 1B	50
RX	Special applications	X
^a The protection concepts are described in IEC 61000-5-3		
^b According to IEC 61000-2-11, table 2		

5.4.2 Radiated immunity test specifications

In the absence of an object in the simulator, the electric field in the test volume is a wave comparable to a quasi-plane wave, with a double exponential pulse time history described by a 2,5/25 ns wave, i.e. a unipolar wave with a 10 %-90 % rise time of 2,5 ns and a pulse width equal to 25 ns. This waveform is given by the equation below.

$$E(t) = E_{\text{peak}} \times k \times (e^{-\beta t} - e^{-\alpha t}) \quad \text{V/m} \quad (1)$$

where

$$\alpha = 6,0 \times 10^8 \text{ s}^{-1}, \beta = 4,0 \times 10^7 \text{ s}^{-1}, \text{ and}$$

$$k = 1,3.$$

$E_{\text{crête}}$ est la valeur de crête du champ électrique, en volts par mètre.

NOTE $E_{\text{crête}}$ est le niveau de sévérité d'essai choisi dans le tableau 1.

t est la durée, en secondes.

L'amplitude spectrale dans le domaine fréquentiel pour l'équation (1) est donnée par

$$|E(f)| = \frac{E_{\text{crête}} \times k \times (\alpha - \beta)}{\sqrt{[(2\pi f)^2 + \alpha^2][(2\pi f)^2 + \beta^2]}} \quad (\text{V/m/Hz}) \quad (2)$$

où

f est la fréquence, en hertz.

Pour les paramètres de forme d'onde indiqués ci-dessus, l'amplitude spectrale dans le domaine fréquentiel de l'équation (2) est donnée à la figure 1.

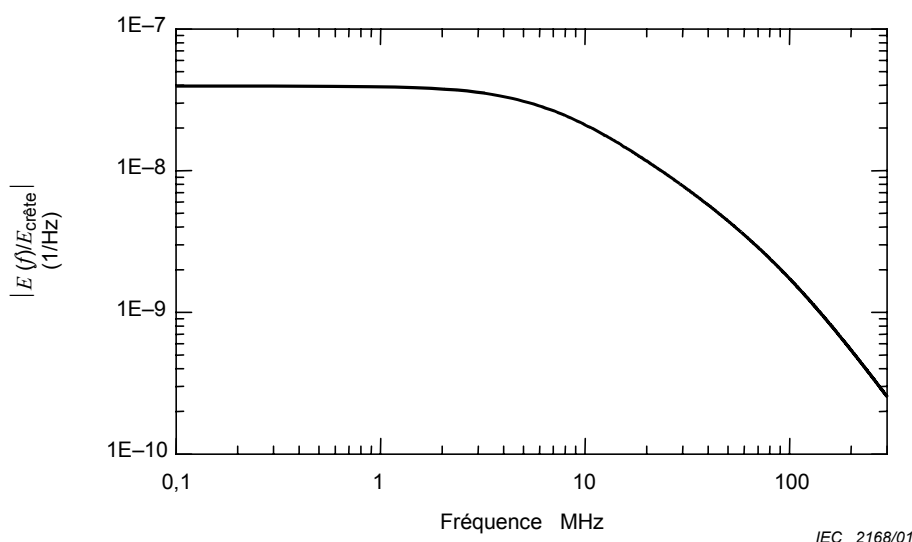


Figure 1 – Amplitude dans le domaine fréquentiel entre 100 kHz et 300 MHz

5.4.3 Dispositifs d'essai aux rayonnements de petite dimension

Les dispositifs d'essai de petite dimension peuvent plus facilement satisfaire aux spécifications de champ désirées, avec des tolérances plus faibles au niveau des paramètres de variation que les simulateurs IEMN-HA de grande taille. Ces dispositifs d'essai de petite taille seront essentiellement utilisés pour soumettre des appareils relativement petits aux essais. Les tolérances pour la forme d'onde des impulsions IEMN-HA initiales dans l'ensemble du volume d'essai de forme parallélépipédique du dispositif de petite taille doivent se présenter de la façon suivante.

- Le rapport du champ électrique de crête sur le champ magnétique de crête doit être égal à $377 \Omega \pm 50 \Omega$.
- Le temps de montée entre 10 % et 90 % de la valeur de crête doit se situer dans la plage comprise entre 2,0 ns et 2,5 ns.
- Le champ électrique doit augmenter de manière continue pendant le temps de montée entre 10 % et 90 %.
- La largeur d'impulsion (durée de l'intervalle de temps entre les points à 50 % de $E_{\text{crête}}$ sur les fronts montant et descendant d'une impulsion) doit se situer entre 25 ns et 30 ns.

E_{peak} is the peak value of the electric field in volts per meter.

NOTE E_{peak} is the immunity test level selected from table 1.

t is the time in seconds.

The frequency-domain spectral magnitude for equation (1) is given by

$$|E(f)| = \frac{E_{\text{peak}} \times k \times (\alpha - \beta)}{\sqrt{[(2\pi f)^2 + \alpha^2][(2\pi f)^2 + \beta^2]}} \quad (\text{V/m/Hz}) \quad (2)$$

where

f is the frequency in hertz.

For the waveform parameters given above, the frequency-domain spectral magnitude of equation (2) is shown in figure 1.

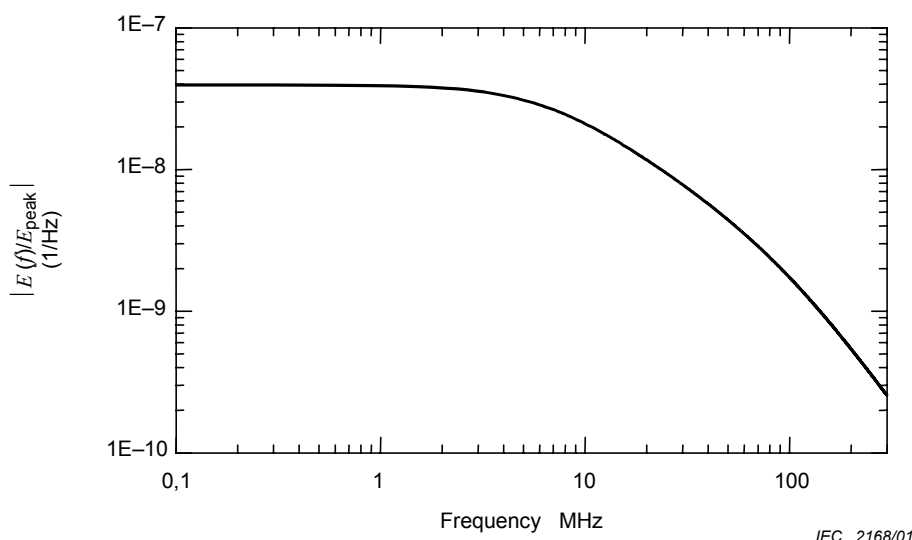


Figure 1 – Frequency domain spectral magnitude between 100 kHz and 300 MHz.

5.4.3 Small radiated test facilities

Small test facilities can more easily meet the desired field specifications with smaller tolerances in parameter variations than the large HEMP simulators. These small facilities will be used primarily to test relatively small equipment. Tolerances for the early-time HEMP pulse waveform over the entire parallelepiped test volume of the small test facility shall be as follows.

- The ratio of peak electric field to the peak magnetic field shall be equal to $377 \Omega \pm 50 \Omega$.
- The rise time between 10 % and 90 % of the peak value shall be within the range of 2,0 ns and 2,5 ns.
- The electric field shall be continuously increasing during the 10 % and 90 % rise time.
- The pulse width (the time duration between points on the leading and trailing edges of the pulse at 50 % of E_{peak}) shall be within the range of 25 ns and 30 ns.

- L'amplitude de toute pré-impulsion sur le champ électrique doit être inférieure ou égale à 7 % de l'amplitude du champ de crête.
- Les réflexions du champ électrique provenant de la résistance de charge du simulateur doivent être inférieures à 10 %.
- Les fluctuations dans le spectre de fréquences lissé du champ électrique au centre du volume d'essai (voir 5.4.5) ne doivent pas être supérieures à ± 3 dB par rapport au spectre théorique donné par l'équation (2) dans la largeur de bande comprise entre 100 kHz et 300 MHz.
- Lorsque les champs simulés atteignent leur valeur de crête, les autres composants électromagnétiques qui ne sont pas des composants principaux doivent avoir une valeur inférieure à 10 % de la valeur de crête du champ simulé.
- Le champ électrique de crête doit être uniforme dans le volume d'essai dans les limites des critères suivants: le champ électrique de crête à l'intérieur du volume d'essai doit se situer dans la plage comprise entre $E_{\text{crête}}$ et $E_{\text{crête}} + 6$ dB.
- Pour évaluer les tolérances de champ, les mesures de champs électrique et magnétique au centre et au huit coins du volume d'essai doivent être réalisées en l'absence de l'appareil en essai.

5.4.4 Simulateurs IEMN-HA de grande taille

Les simulateurs IEMN-HA de grande taille peuvent être utilisés pour soumettre aux essais les appareils de grande taille et les systèmes complets. Compte tenu de la variété de ces simulateurs, il existe de grandes plages de temps de montée, de largeurs d'impulsions et d'amplitudes de champs produites par ces dispositifs. Par conséquent, on divise les simulateurs IEMN-HA de grande taille en deux types, sur la base de leur comportement de champ rayonné: les types I et II. Généralement, les simulateurs de type I assurent un temps de montée et une largeur d'impulsion plus courts que les simulateurs de type II. Une analyse préalable aux essais est nécessaire avec les simulateurs de type II, qui ne satisfont pas aux spécifications d'immunité aux perturbations rayonnées données en 5.4.2.

Suite à une IEMN-HA, la réponse d'un composant électrique à l'intérieur d'un système dépend non seulement de la forme de l'impulsion (ou du spectre de domaine fréquentiel), mais aussi du mécanisme de couplage et de pénétration que les signaux IEMN-HA utilisent en se propageant des parties externes du système vers le composant. Dans certaines classes de systèmes (c'est-à-dire petits systèmes avec des conducteurs externes courts, comme les téléphones mobiles), le couplage IEMN-HA sera dominé par les pénétrations par les ouvertures – un mécanisme à haute fréquence en soi. En conséquence, les simulateurs de type I ayant un contenu spectral HF plus large seraient préférables pour les essais. Cependant, dans d'autres types de systèmes contenant des conducteurs externes plus longs (radios HF par exemple), la réponse IEMN-HA dominante résultera du couplage de champ à l'antenne. Ainsi les simulateurs du type II avec un temps de montée plus lent et une largeur d'impulsion plus importante seraient susceptibles de convenir aux essais de ces systèmes particuliers.

Le fait que différents systèmes peuvent réagir différemment selon l'environnement IEMN-HA incident, souligne la nécessité d'un programme d'analyse préalable aux essais pour les simulateurs de type II. Cette analyse préalable aux essais doit être réalisée pour déterminer exactement comment les champs simulés de type II se coupleront au système ainsi que pour vérifier l'adéquation des simulateurs de type II à la réalisation des essais d'immunité. L'adéquation de l'essai doit être démontrée en comparant les résultats de l'interaction et du couplage des champs simulés avec ceux de l'impulsion théorique décrite en 5.4.2.

5.4.4.1 Simulateurs IEMN-HA de grande taille – type I

Pour les essais à l'intérieur des simulateurs de type I, le champ électrique de crête, $E_{\text{crête}}$, doit être choisi dans le tableau 1 correspondant au niveau de sévérité choisi pour l'essai. Les tolérances pour les impulsions IEMN-HA initiales sur l'ensemble du volume d'essai parallélépipédique du simulateur doivent se présenter comme indiqué ci-dessous.