

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-4-9**

Première édition
First edition
1993-06

Compatibilité électromagnétique –

Partie 4:

Techniques d'essai et de mesure –
Section 9: Essai d'immunité au
champ magnétique impulsionnel
Publication fondamentale en CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4:

Testing and measurement techniques –
Section 9: Pulse magnetic field immunity test
Basic EMC Publication



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1000-4-9: 1993

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-4-9**

Première édition
First edition
1993-06

Compatibilité électromagnétique –

Partie 4:

Techniques d'essai et de mesure –

Section 9: Essai d'immunité au
champ magnétique impulsionnel

Publication fondamentale en CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4:

Testing and measurement techniques –

Section 9: Pulse magnetic field immunity test

Basic EMC Publication

© CEI 1993 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Généralités	12
4 Définitions	12
4.1 EST	12
4.2 Bobine d'induction	12
4.3 Facteur de bobine d'induction	12
4.4 Méthode par immersion	12
4.5 Méthode de proximité	12
4.6 Plan de sol	14
4.7 Réseau de découplage, filtre anti-retour	14
4.8 Transitoire	14
5 Niveaux d'essais	14
6 Matériel d'essai	14
6.1 Générateur d'essai	16
6.2 Bobine d'induction	18
6.3 Instrumentation d'essai et instrumentation auxiliaire	22
7 Installation d'essai	24
7.1 Plan de sol	24
7.2 Equipement en essai	24
7.3 Générateur d'essai	26
7.4 Bobine d'induction	26
8 Procédure d'essai	26
8.1 Conditions de référence du laboratoire	26
8.2 Exécution de l'essai	28
9 Résultats d'essai et rapport d'essai	30
Annexes	
A Méthode d'étalonnage des bobines d'induction	38
B Caractéristiques des bobines d'induction	40
C Sélection des niveaux d'essais	52
D Informations sur l'intensité des champs magnétiques	56

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
 Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 General	13
4 Definitions	13
4.1 EUT	13
4.2 Induction coil	13
4.3 Induction coil factor	13
4.4 Immersion method	13
4.5 Proximity method	13
4.6 Ground (reference) plane	15
4.7 Decoupling network, back filter	15
4.8 Transient	15
5 Test levels	15
6 Test equipment	15
6.1 Test generator	17
6.2 Induction coil	19
6.3 Test and auxiliary instrumentation	23
7 Test set-up	25
7.1 Ground (reference) plane	25
7.2 Equipment under test	25
7.3 Test generator	27
7.4 Induction coil	27
8 Test procedure	27
8.1 Laboratory reference conditions	27
8.2 Carrying out the test	29
9 Test results and test report	31
 Annexes	
A - Induction coil calibration method	39
B - Characteristics of the induction coils	41
C - Selection of the test levels	53
D - Information on magnetic field strength	57

Figures

1	Exemple d'application du champ par la méthode par immersion	32
2	Forme d'onde de courant produite par le générateur d'essai pour le champ magnétique impulsional (6,4/16 μ s)	32
3	Schéma du générateur d'essai produisant le champ magnétique impulsional (6,4/16 μ s)	32
4	Exemple d'installation d'essai pour matériel de table	34
5	Exemple d'installation d'essai pour un équipement posé au sol	34
6	Exemple de recherche de susceptibilité aux champs magnétiques par la méthode de proximité	36
7	Représentation des bobines de Helmholtz	36
B.1	Caractéristiques du champ engendré dans son plan par une spire d'induction carrée (1 m de côté)	44
B.2	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans son plan par une spire d'induction carrée (1 m de côté)	44
B.3	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan de la spire) par une spire d'induction carrée (1 m de côté)	46
B.4	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan des spires) par deux spires d'induction carrée (1 m de côté) espacées de 0,6 m	46
B.5	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan des spires) par deux spires d'induction carrée (1 m de côté) espacées de 0,8 m	48
B.6	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans son plan par une spire d'induction rectangulaire (1 m x 2,6 m)	48
B.7	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans son plan par une spire d'induction rectangulaire (1 m x 2,6 m), le plan de sol étant considéré comme un côté de la bobine	50
B.8	Zone des 3 dB pour le champ engendré dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan de la spire) par une spire d'induction rectangulaire (1 m x 2,6 m)	50

Figures	Page
1 Example of application of the test field by the immersion method	33
2 Current waveform of the test generator for pulse magnetic field (6,4/16 μ s)	33
3 Schematic circuit of the test generator for pulse magnetic field (6,4/16 μ s)	33
4 Example of test set-up for table-top equipment	35
5 Example of test set-up for floor-standing equipment	35
6 Example of investigation of susceptibility to magnetic field by the proximity method	37
7 Illustration of Helmholtz coils	37
 B.1 - Characteristics of the field generated by a square induction coil (1 m side) in its plane	45
B.2 - 3 dB area of the field generated by a square induction coil (1 m side) in its plane	45
B.3 - 3 dB area of the field generated by a square induction coil (1 m side) in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coil)	47
B.4 - 3 dB area of the field generated by two square induction coils (1 m side) 0,6 m spaced, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coils)	47
B.5 - 3 dB area of the field generated by two square induction coils (1 m side) 0,8 m spaced, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coils)	49
B.6 - 3 dB area of the field generated by a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m) in its plane	49
B.7 - 3 dB area of the field generated by a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m) in its plane (ground plane as a side of the induction coil)	51
B.8 - 3 dB area of the field generated by a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m) with ground plane, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coil)	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) -

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure - Section 9: Essai d'immunité au champ magnétique impulsif Publication fondamentale en CEM

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 1000-4-9 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la section 9 de la partie 4 de la norme CEI 1000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le guide 107 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
77B(BC)8	77B(BC)14

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

Les annexes A et B font partie intégrante de cette norme.

Les annexes C et D sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) —
Part 4: Testing and measurement techniques —
Section 9 : Pulse magnetic field immunity test
Basic EMC Publication

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a world-wide 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 (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, the IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national or regional standards. Any divergence between the IEC Standards and the corresponding national or regional standards shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1000-4-9 has been prepared by sub-committee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms section 9 of part 4 of IEC 1000. 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:

DIS	Report on Voting
77B(CO)8	77B(CO)14

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

Annexes A and B form an integral part of this standard.
Annexes C and D are for information only.

INTRODUCTION

La présente norme fait partie de la série des normes 1 000 de la CEI, selon la répartition suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas des comités de 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 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en sections qui seront publiées soit comme normes internationales soit comme rapports techniques.

Ces normes et rapports seront publiés dans un ordre chronologique et numérotés en conséquence.

La présente partie constitue une norme internationale qui traite des prescriptions en matière d'immunité et des procédures d'essai qui s'appliquent au «Champ magnétique impulsionnel».

INTRODUCTION

This standard is part of the IEC 1000 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 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 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into sections which are to be published either as international standards or as technical reports.

These standards and reports will be published in chronological order and numbered accordingly.

This part is an international standard which gives immunity requirements and test procedures related to "pulse magnetic field".

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 9: Essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel Publication fondamentale en CEM

1 Domaine d'application

La présente norme internationale traite des exigences en matière d'immunité des matériels uniquement dans les conditions d'utilisation, contre les perturbations magnétiques impulsionnelles principalement dans les:

- installations industrielles et les centrales électriques;
- postes moyenne et haute tension.

Les conditions d'application de la présente norme aux matériels installés dans les différents secteurs sont déterminées par la présence du phénomène dans les conditions spécifiées dans l'article 3.

La présente norme ne traite pas des perturbations engendrées par le couplage capacitif ou inductif sur les câbles ou autres parties de l'installation.

D'autres normes CEI traitant des perturbations conduites couvrent ces aspects.

La présente norme a pour objet d'établir une base commune et reproductible pour évaluer la performance des matériels électriques et électroniques à vocation domestique, commerciale ou industrielle lorsqu'ils sont soumis à des champs magnétiques impulsionnels.

La présente norme a pour objet de définir les éléments suivants:

- les niveaux recommandés d'essai;
- le matériel d'essai;
- l'installation d'essai;
- la procédure d'essai.

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 section de la CEI 1000-4. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente section de la CEI 1000-4 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes Internationales en vigueur.

CEI 60-2: 1973, *Techniques des essais à haute tension – Deuxième partie: Modalités d'essais*

CEI 68-1: 1988, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

CEI 469-1: 1987, *Techniques des impulsions et appareils – Première partie: Termes et définitions concernant les impulsions*

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) —**Part 4: Testing and measurement techniques —
Section 9 : Pulse magnetic field immunity test
Basic EMC Publication****1 Scope**

This international standard relates to the immunity requirements of equipment, only under operational conditions, to pulse magnetic disturbances mainly related to:

- industrial installations and power plants;
- medium voltage and high voltage sub-stations.

The applicability of this standard to equipment installed in different locations is determined by the presence of the phenomenon, as specified in clause 3.

This standard does not consider disturbances due to capacitive or inductive coupling in cables or other parts of the field installation.

Other IEC standards dealing with conducted disturbances cover these aspects.

The object of this standard is to establish a common and reproducible basis for evaluating the performance of electrical and electronic equipment for household, commercial and industrial applications when subjected to pulse magnetic fields.

The standard defines:

- recommended test levels;
- test equipment;
- test set-up;
- test procedure.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 1000-4. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 1000-4 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60-2: 1973, High-voltage test techniques - Part 2: Test procedures

IEC 68-1: 1988, Environmental testing - Part 1: General and guidance

IEC 469-1: 1987, Pulse techniques and apparatus - Part1: Pulse terms and definitions

3 Généralités

Le champ magnétique auquel est soumis le matériel peut influencer le bon fonctionnement de celui-ci et des ensembles qui y sont reliés.

Les essais dont il est fait état dans ce document ont pour objet de démontrer l'immunité du matériel lorsqu'il est soumis au champ magnétique impulsionnel qui s'applique à l'emplacement spécifique et aux conditions d'installation de l'équipement (par exemple, matériel situé à proximité de la source de perturbation).

Les champs magnétiques impulsionnels sont engendrés par la chute de la foudre sur des bâtiments ou toute structure métallique telle qu'un mât aérien, des câbles de terre ou des réseaux de terre, ainsi que par la production de courants transitoires engendrés par des défauts dans un système basse, moyenne ou haute tension.

Dans les postes haute tension, le champ magnétique impulsionnel peut également être produit par la commutation de barres HT, ou de lignes par des disjoncteurs.

Cet essai s'applique principalement aux équipements électroniques destinés aux centrales électriques et aux centres de télécontrôle. Il n'est pas applicable pour les équipements du réseau de distribution.

Les comités de produit peuvent définir d'autres applications.

La forme d'onde du champ est celle de l'impulsion normale de courant 6,4/16 μ s.

NOTE - L'onde 6,4/16 μ s selon la CEI 469-1 correspond à l'onde 8/20 μ s de la CEI 60-2.

4 Définitions

Les définitions et termes suivants sont utilisés dans la présente norme; ils concernent uniquement le domaine des perturbations magnétiques et ne sont pas tous répertoriés dans le VEI (50)161.

- | | | |
|-----|--------------------------------------|--|
| 4.1 | <i>EST</i> | Equipement en essai |
| 4.2 | <i>Bobine d'induction</i> | Boucle d'induction de forme et de dimensions définies dans laquelle un courant circule, en engendrant un champ magnétique d'un niveau constant défini dans son plan et dans le volume contenu. |
| 4.3 | <i>Facteur de bobine d'induction</i> | Rapport entre l'intensité du champ magnétique engendré par une spire d'induction de dimensions données et la valeur du courant correspondant; le champ est mesuré au centre du plan de la spire, sans tenir compte de l'EST. |
| 4.4 | <i>Méthode par immersion</i> | Méthode d'application du champ magnétique à l'EST, placé au centre de la spire d'induction (figure 1). |
| 4.5 | <i>Méthode de proximité</i> | Méthode d'application du champ magnétique à l'EST, là où une bobine de faible induction est déplacée le long du côté de l'EST de manière à détecter des zones particulièrement sensibles. |

3 General

The magnetic fields to which equipment is subjected may influence the reliable operation of equipment and systems.

The following tests are intended to demonstrate the immunity of equipment when subjected to impulse magnetic fields related to the specific location and installation condition of the equipment (e.g. proximity of equipment to the disturbance source).

Pulse magnetic fields are generated by lightning strokes on buildings and other metal structures including aerial masts, earth conductors and earth networks and by initial faults transients in L.V., M.V. and H.V. electrical systems.

In H.V. sub-stations, a pulse magnetic field may also be generated by the switching of H.V. bus-bars and lines by circuit breakers.

The test is mainly applicable to electronic equipment to be installed in electrical plants as well as in telecontrol centres. It is not relevant for distribution network equipment. Possible other applications may be considered by the product committees.

The test field waveform is that of the standard current pulse, waveform 6,4/16 μ s.

NOTE - The waveform 6,4/16 μ s according to IEC 469-1 corresponds to the 8/20 μ s of IEC 60-2.

4 Definitions

The following definitions and terms are used in this standard and apply to the restricted field of magnetic disturbances; not all of them are included in the IEC 60161.

- | | | |
|-----|------------------------------|--|
| 4.1 | <i>EUT</i> | Equipment under test |
| 4.2 | <i>Induction coil</i> | Conductor loop of defined shape and dimensions, in which flows a current, generating a magnetic field of defined constancy in its plane and in the enclosed volume. |
| 4.3 | <i>Induction coil factor</i> | Ratio between the magnetic field strength generated by an induction coil of given dimensions and the corresponding current value; the field is that measured at the centre of the coil plane, without the EUT. |
| 4.4 | <i>Immersion method</i> | Method of application of the magnetic field to the EUT, which is placed in the centre of an induction coil (figure 1). |
| 4.5 | <i>Proximity method</i> | Method of application of the magnetic field to the EUT, where a small induction coil is moved along the side of the EUT in order to detect particularly sensitive areas. |

4.6 Plan de sol (PS)

Surface conductrice plane dont le potentiel est pris comme référence pour le générateur de champ magnétique et le matériel auxiliaire. (Le plan de sol peut être utilisé pour fermer la boucle de la spire d'induction, voir la figure 5). (VEI 161-04-36, modifié).

4.7 Réseau de découplage, filtre anti-retour

Réseau électrique destiné à éviter toute interaction avec un autre matériel non soumis aux essais de champ magnétique.

4.8 Transitoire

Se dit d'un phénomène ou d'une grandeur qui varie entre deux régimes établis consécutifs dans un intervalle de temps relativement court à l'échelle des temps considérés. (VEI 161-02-01).

5 Niveaux d'essais

La gamme préférentielle des niveaux d'essais est indiquée dans le tableau 1.

L'intensité du champ magnétique est exprimée en A/m, 1 A/m correspond à une induction en espace libre de 1,26 μ T.

Tableau 1 – Niveaux d'essais

Niveau	Intensité des champs magnétiques (A/m)
1	n.a. ²⁾
2	n.a. ²⁾
3	100
4	300
5	1 000
x ¹⁾	spécial
NOTES	
1 Le niveau «x» n'est pas défini. Ce niveau peut être donné dans la spécification produit.	
2 «n.a.» = non applicable.	

Les informations concernant la sélection des niveaux d'essais sont données dans l'annexe C.

Les informations concernant l'intensité des champs magnétiques réels sont données dans l'annexe D.

6 Matériel d'essai

Le champ magnétique est obtenu par la circulation d'un courant dans une bobine d'induction. Le champ est appliqué à l'EST par la *méthode par immersion*.

Un exemple d'application de la méthode par immersion est donné à la figure 1.

Le matériel d'essai comprend la source de courant (générateur d'essai), la bobine d'induction et l'instrumentation d'essai auxiliaire.

- 4.6 **Ground (reference) plane (GRP)** A flat conductive surface whose potential is used as a common reference for the magnetic field generator and the auxiliary equipment (the ground plane can be used to close the loop of the induction coil, as in figure 5) (IEV 161-04-36, modified).
- 4.7 **Decoupling network, back filter** Electrical circuit intended to avoid reciprocal influence with other equipment not submitted to the magnetic field test.
- 4.8 **Transient** Pertaining to or designating a phenomenon or a quantity which varies between two consecutive steady states during a time interval short compared with the time-scale of interest. (IEV 161-02-01).

5 Test levels

The preferential range of test levels is given in table 1.

The magnetic field strength is expressed in A/m; 1 A/m corresponds to a free space induction of 1,26 μ T.

Table 1 - Test levels

Level	Pulse magnetic field strength A/m (peak)
1	n.a. ²⁾
2	n.a. ²⁾
3	100
4	300
5	1000
x ¹⁾	special
NOTES 1 - "x" is an open level. This level can be given in the product specification. 2 - "n.a." = not applicable	

Information on the selection of the test levels is given in annex C.
 Information on actual levels is given in annex D.

6 Test equipment

The test magnetic field is obtained by a current flowing in an induction coil; the application of the test field to the EUT is by the *immersion method*.

An example of application of the immersion method is given in figure 1.

The test equipment includes the current source (test generator), the induction coil and auxiliary test instrumentation.

6.1 Générateur d'essai

Le générateur dont la forme d'onde de sortie correspond au champ magnétique d'essai doit être capable d'appliquer le courant requis aux bobines d'induction spécifiées en 6.2.

C'est pourquoi la puissance du générateur doit être dimensionnée en tenant compte de l'impédance des bobines; la gamme d'inductances peut varier de 2,5 μH pour une bobine normalisée de 1 m, à plusieurs μH (par exemple 6 μH) pour une bobine d'induction rectangulaire (1 m $\times$ 2,6 m, paragraphe 6.2).

Les spécifications du générateur sont les suivantes:

- intensité déterminée par le niveau d'essai maximal choisi et le facteur de bobine d'induction maximal choisi (paragraphe 6.2.2 et annexe A), qui varie de 0,87 m^{-1} (bobine normalisée de 1 m pour tester les matériels de table ou les petits équipements) à 0,66 m^{-1} (bobine d'induction rectangulaire de 1 m $\times$ 2,6 m pour tester les équipements posés au sol ou les grands équipements);
- aptitude au fonctionnement en présence de courts-circuits;
- point froid connecté à la borne de terre (pour la liaison au câble de terre de sécurité du laboratoire);
- précautions nécessaires pour éviter la production de perturbations importantes pouvant être injectées sur le réseau d'alimentation ou susceptibles d'influencer les résultats des essais.

Les caractéristiques et les performances des sources de courant ou du générateur d'essai pour le champ étudié dans la présente norme sont indiquées en 6.1.1.

6.1.1 Caractéristiques et performances du générateur d'essai

Le générateur d'essai est un générateur d'impulsion non répétitives (simple coup); ses caractéristiques sont les suivantes:

Caractéristiques:

Temps de montée:	6,4 $\mu\text{s} \pm 30 \%$
Durée:	16 $\mu\text{s} \pm 30 \%$
Gamme d'intensité de sortie:	100 A à 1 000 A, divisés par le facteur de bobine
Polarité:	positive ou négative
Relation de phase avec la fréquence secteur:	synchronisation de 0° à 360° par incrément de 10°
Synchronisation:	commandée par un signal extérieur

On peut utiliser un générateur d'impulsions de courant normalisé, par exemple le «générateur hybride» (forme d'onde de 1,2/50 et 6,4/16 μs).

NOTE – La gamme d'intensité de sortie pour la bobine normalisée varie de 120 A à 1 200 A en crête.

La forme de l'onde d'intensité de sortie est donnée à la figure 2.

Le schéma du générateur est donné à la figure 3.

6.1 Test generator

The generator, with the output waveform corresponding to the test magnetic field, shall be able to deliver the required current in the induction coils specified in 6.2.

The generator power capability shall therefore be dimensioned by taking into account the coil impedance; the inductance may range from 2,5 μH for the 1 m standard coil, to several μH (e.g. 6 μH) for a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m, see 6.2).

The specifications of the generator are:

- current capability, determined by the maximum selected test level and induction coil factor (see 6.2 and annex A), ranging from 0,87 m^{-1} (1 m standard coil for testing table-top or small equipment) to 0,66 m^{-1} (rectangular induction coil, 1 m x 2,6 m, for testing floor-standing or large equipment);
- operability in short circuit condition;
- low output terminal connected to the earth terminal (for connection to the safety earth of the laboratory);
- precautions to prevent the emission of large disturbances that may be injected in the power supply network or may influence the test results.

The characteristics and performances of the current source or test generator for the field considered in this standard are given in 6.1.1.

6.1.1 Characteristics and performances of the test generator

The test generator is a non repetitive (single shot) pulse current generator with characteristics as follows:

Specifications

Rise time:	6,4 $\mu\text{s} \pm 30 \%$
Duration:	16 $\mu\text{s} \pm 30 \%$
Output current range:	100 A to 1000 A, divided by the coil factor
Polarity:	positive and negative
Phase relationship with the power frequency:	synchronizable from 0° to 360° with 10° steps
Synchronization:	triggerable by external signal

A standard current pulse generator, e.g. the surge hybrid generator (waveform 1,2/50-6,4/16 μs), may be used.

NOTE – The output current range for the standard coil is from 120 A to 1200 A peak.

The waveform of the output current is given in figure 2.

The schematic circuit of the generator is given in figure 3.

6.1.2 Vérification des caractéristiques du générateur d'essai

Pour comparer les résultats obtenus avec les différents générateurs d'essai, il faut vérifier les caractéristiques essentielles des paramètres du courant de sortie.

Le courant de sortie doit être vérifié avec le générateur connecté à la bobine d'induction normalisée spécifiée en 6.2.1 a); la connexion doit être réalisée avec des fils torsadés d'une longueur maximale de 3 m et de section appropriée.

Il faut vérifier l'émission de perturbations par le générateur (voir 6.1).

Les caractéristiques à vérifier sont les suivantes:

- valeur de crête du courant de sortie;
- temps de montée;
- durée.

Il est recommandé d'utiliser pour la boucle d'induction du fil de 1,8 mm de diamètre ($2,5 \text{ mm}^2$); cependant, il convient de tenir compte des problèmes de construction (rigidité mécanique).

Les vérifications doivent être effectuées avec une pince ampèremétrique et un oscilloscope ou autre instrumentation de mesure équivalente d'une largeur de bande minimale de 10 MHz.

La précision des mesures doit être de $\pm 10 \%$.

6.2 Bobine d'induction

6.2.1 Caractéristiques de la bobine d'induction

La bobine d'induction connectée au générateur d'essai défini plus haut (paragraphe 6.1.1) doit produire un champ dont l'intensité correspond au niveau d'essai choisi et à la précision demandée.

Cette bobine doit être faite de cuivre, d'aluminium ou de tout autre matériau conducteur non magnétique; sa section et sa conception doivent permettre de lui donner une position stable pendant les essais.

Il est souhaitable de pouvoir produire les champs magnétiques considérés dans cette norme avec la même bobine; dans ce cas, elle peut être de type «*monospire*» et doit pouvoir supporter l'intensité qui peut être nécessaire pour le niveau d'essai choisi.

On peut utiliser une bobine multispire de manière à obtenir une intensité de courant d'essai plus basse.

Les dimensions de la bobine d'induction doivent lui permettre d'envelopper l'EST (trois positions orthogonales).

Des bobines d'induction de différentes dimensions peuvent être utilisées en fonction de la taille de l'EST.

Les dimensions conseillées ci-dessous permettent de produire des champs magnétiques d'essai dans tout le volume des EST (*matériel de table ou équipement posé au sol*) avec une variation acceptable de $\pm 3 \text{ dB}$.

Les caractéristiques des bobines d'induction en fonction de la distribution du champ magnétique sont données dans l'annexe B.

6.1.2 Verification of the characteristics of the test generator

In order to compare the results for different test generators, the essential characteristics of the output current parameters shall be verified.

The output current shall be verified with the generator connected to the standard induction coil specified in 6.2.1 a); the connection shall be realized by twisted conductors or coaxial cable of up to 3 m length and suitable cross-section.

The emission of disturbances by the generator shall be verified (see 6.1).

The characteristics to be verified are:

- output current peak value;
- rise time;
- duration.

A 1,8 mm wire diameter (2,5 mm²) should be used for the loop for short circuit current operation; however, the mechanical rigidity should be taken into account.

The verifications shall be carried out with a current probe and oscilloscope or other equivalent measurement instrumentation with 10 MHz minimum bandwidth.

The accuracy of the measurements shall be $\pm 10\%$.

6.2 Induction coil

6.2.1 Characteristics of the induction coil

The induction coil, connected to the test generator previously defined (see 6.1.1), shall generate a field strength corresponding to the selected test level and the defined homogeneity.

The induction coil shall be made of copper, aluminium or any conductive non-magnetic material, of such cross-section and mechanical arrangement as to facilitate its stable positioning during the tests.

A same coil is suitable for the generation of the magnetic fields considered in this standard; it may be a "single turn" coil and shall have a suitable current capability, as may be necessary for the selected test level.

Multi-turn coils may be used in order to have a lower testing current.

The induction coil shall be adequately dimensioned to surround the EUT (three orthogonal positions).

Depending on the size of the EUT, induction coils of different dimensions may be used.

The dimensions recommended below are suitable for the generation of magnetic fields over the whole volume of the EUT's (*table-top equipment or floor-standing equipment*), with an acceptable variation of ± 3 dB.

The characteristics of induction coils in respect of the magnetic field distribution are given in annex B.

a) *Bobine d'induction pour matériel de table*

La bobine d'induction de dimensions normalisées destinée aux essais des petits matériels (terminaux, watt-heuremètres, transmetteurs pour commande de processus, etc.) est de forme carrée (ou circulaire), de 1 m de côté (ou de diamètre) et constituée d'un fil d'une section relativement faible.

Le volume d'essai d'une bobine carrée normalisée est de 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m (hauteur).

On peut utiliser une bobine double de taille normalisée (bobine de Helmholtz) pour obtenir un champ homogène à 3 dB ou pour tester des EST de plus grand volume.

La bobine double (bobine de Helmholtz) doit être composée de deux ou plusieurs séries de spires, convenablement espacées (voir figure 7, figure B.4, figure B.5).

Le volume d'essai d'une bobine double normalisée à espacement de 0,8 m, pour une homogénéité meilleure que 3 dB, est de 0,6 m x 0,6 m x 1 m (hauteur).

Par exemple, pour une non homogénéité de 0,2 dB, les bobines de Helmholtz ont les dimensions et la distance de séparation indiquées à la figure 7.

b) *Bobine d'induction pour équipement posé au sol*

Il faut réaliser des bobines d'induction compatibles avec les dimensions de l'EST et les différentes polarisations du champ.

Cette bobine doit être capable d'envelopper l'EST; ses dimensions doivent permettre de conserver une distance maximale entre les fils de la bobine et les parois de l'EST égale au 1/3 du côté de l'EST considéré.

La bobine doit être constituée de fils de section relativement faible.

NOTE - Les dimensions de l'EST pouvant être grandes, la bobine peut être constituée d'une section en «C» ou en «T» pour assurer une rigidité mécanique suffisante.

Le volume d'essai est déterminé par la zone d'essai de la bobine (60 % x 60 % de chaque côté) multipliée par une profondeur égale à 50 % du plus petit côté.

6.2.2 *Etalonnage de la bobine d'induction, facteur de la bobine*

Pour permettre la comparaison des résultats obtenus avec différents matériels d'essai, il faut étalonner les bobines d'induction dans leurs conditions de fonctionnement avant de commencer les essais (sans EST, dans un espace vide).

Une bobine d'induction, dont les dimensions doivent être compatibles avec celles de l'EST, doit être disposée à 1 m au moins de la paroi du laboratoire et de tout matériel magnétique; il faut pour cela la placer sur des supports isolants et la relier au générateur d'essai comme indiqué en 6.1.2.

Il faut utiliser des capteurs de champ magnétique dont la dynamique et la fréquence de réponse (B.P. > 10 MHz) correspondent au champ magnétique impulsionnel produit par la bobine d'induction pour vérifier l'intensité de ce dernier.

Le capteur de champ doit être placé au centre de la bobine d'induction (sans EST) et orienté de manière à détecter la valeur maximale du champ.

a) *Induction coil for table-top equipment*

The induction coil of standard dimensions for testing small equipment (e.g. computer monitors, watt-hour meters, transmitters for process control, etc.) has a square (or circular) form with 1 m side (or diameter), made of a conductor of relatively small cross-section.

The test volume of the standard square coil is 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m (height).

A double coil of standard size (Helmholtz coil) could be used in order to obtain a field homogeneity better than 3 dB or for testing larger EUT's.

The double coil (Helmholtz coil) shall comprise of two or more series of turns, properly spaced (see figure 7, figure B.4, figure B.5).

The test volume of a double standard size coil, 0,8 m spaced, for a 3 dB homogeneity is 0,6 m x 0,6 m x 1 m (height).

For example, the Helmholtz coils, for a 0,2 dB inhomogeneity, have dimensions and separation distances as given in figure 7.

b) *Induction coil for floor-standing equipment*

Induction coils shall be made according to the dimensions of the EUT and the different field polarizations.

The coil shall be able to envelop the EUT; the coil dimensions shall be such as to give a minimum distance of coil conductors to EUT equal to 1/3 of the dimension of the EUT considered.

The coils shall be made of conductors of relatively small cross-section.

NOTE - Due to the possible large dimensions of EUT's, the coils may be made of "C" or "T" sections in order to have sufficient mechanical rigidity.

The test volume is determined by the testing area of the coil (60 % x 60 % of each side) multiplied by a depth corresponding to 50% of the shorter side of the coil.

6.2.2 *Calibration of the induction coil, coil factor*

In order to make it possible to compare the test results from different test equipment, the induction coils shall be calibrated in their operating condition, before conducting the test (without the EUT, in free space condition).

An induction coil of the correct dimensions for the EUT dimensions, shall be positioned at 1 m minimum distance from the wall of the laboratory and any magnetic material, by using insulating supports, and shall be connected to the test generator as prescribed in 6.1.2.

Appropriate magnetic field sensors (B.W. > 10 MHz), with dynamics and frequency response corresponding to the pulse field, shall be used to verify the magnetic field strength generated by the induction coil.

The field sensor shall be positioned at the centre of the induction coil (without the EUT) and with suitable orientation to detect the maximum value of the field.

Le courant dans la bobine d'induction doit être réglé de manière à obtenir un champ conforme au niveau d'essai.

L'étalonnage doit être effectué à la fréquence du réseau: la valeur du courant produisant une intensité de champ donnée doit être utilisée pour les essais impulsionnels de la présente norme.

La procédure d'étalonnage doit être appliquée avec le générateur d'essai et la bobine d'induction.

Le facteur de bobine est déterminé (et vérifié) à l'aide de la procédure ci-dessus.

Ce facteur donne la valeur du courant à injecter dans la bobine pour obtenir le champ magnétique d'essai requis (H/I).

Les informations sur la mesure des champs magnétiques sont données dans l'annexe A.

6.3 Instrumentation d'essai et instrumentation auxiliaire

6.3.1 Instrumentation d'essai

L'instrumentation d'essais comprend:

- le système de mesure de courant (capteurs et instrumentation) pour déterminer et mesurer le courant injecté dans la bobine d'induction;
- les réseaux d'extrémité, filtres anti-retour, etc., pour l'alimentation, les lignes de commande et de signaux.

Un réseau d'extrémité donne une impédance de 50 Ω définie par rapport à la terre de tous les circuits extérieurs connectés aux bornes de l'EST. Il peut être représenté par un réseau de stabilisation d'impédance de ligne pour les circuits d'alimentation, un réseau de couplage/découplage ou des résistances-condensateurs en série pour les circuits de signaux et de commande et d'entrée/sortie. Ces réseaux doivent être décrits dans le programme d'essais. Les réseaux d'extrémité, filtres anti-retour, etc., doivent être compatibles avec les signaux de fonctionnement.

Les connexions avec le simulateur doivent être équipées de filtres anti-retour (voir 6.3.2).

Le système de mesure de courant est constitué d'une sonde de courant étalonnée ou d'un shunt; l'instrumentation de mesure de courant transitoire doit avoir une largeur de bande maximale de 10 MHz.

La précision de l'instrumentation de mesure doit être de $\pm 10\%$.

6.3.2 Instrumentation auxiliaire

L'instrumentation auxiliaire peut être un simulateur et tout instrument nécessaire au fonctionnement et à la vérification des caractéristiques fonctionnelles de l'EST.

The current in the induction coil shall be adjusted to obtain the field strength specified by the test level.

The calibration shall be carried out at power frequency: the current value that generates a given field strength shall be used for the pulse test of the present standard.

The calibration procedure shall be carried out with the test generator and induction coil.

The coil factor is determined (and verified) by the above procedure.

The coil factor gives the current value to be injected in the coil to obtain the required test magnetic field (H/I).

Information on the measurement of the test magnetic field is given in annex A.

6.3 Test and auxiliary instrumentation

6.3.1 Test instrumentation

The test instrumentation includes:

- current measuring system (sensors and instrument) for setting and measuring the current injected in the induction coil;
- termination networks, back filters, etc., on power supply, control and signal lines.

The termination network gives a defined impedance of 50 Ω to earth for all the external circuits connected to the EUT terminals. It may be represented by the line impedance stabilization network for power supply circuits, coupling/decoupling network, or resistor-capacitor series for input/output control and signal circuits. These networks shall be described in the test plan. The termination networks, back filters, etc. shall be compatible with the operating signals. Back filters shall be used in the connections to the simulator (see 6.3.2).

The current measuring system is a calibrated current probe or shunt; the transient current measurement instrumentation shall have a bandwidth of 10 MHz.

The accuracy of the measurement instrumentation shall be $\pm 10\%$.

6.3.2 Auxiliary instrumentation

The auxiliary instrumentation comprises a simulator and any other instrument necessary for the operation and verification of the EUT functional specifications.

7 Installation d'essai

L'installation d'essai comporte les éléments suivants:

- plan de sol (PS);
- équipement à l'essai (EST);
- générateur d'essai;
- bobine d'induction;
- réseau d'extrémité, filtre anti-retour.

Des précautions doivent être prises si le champ magnétique d'essai interfère sur les instruments d'essai ou sur d'autres matériels sensibles situés à proximité de l'installation d'essai.

Des exemples d'installation d'essai sont donnés dans les figures suivantes:

Figure 4: Exemple d'installation d'essai de matériel de table.

Figure 5: Exemple d'installation d'essai de matériel posé au sol.

7.1 Plan de sol

Le plan de sol (PS) doit être placé dans le laboratoire; l'EST et l'instrumentation d'essai auxiliaire doivent être placés sur ce plan et connectés à celui-ci.

Le plan de sol doit être une feuille métallique non magnétique (cuivre ou aluminium) de 0,25 mm d'épaisseur; d'autres métaux peuvent être utilisés, mais dans ce cas, la plaque doit avoir une épaisseur d'au moins 0,65 mm.

La taille minimale du plan doit être de 1 m x 1 m.

Sa taille effective dépend des dimensions de l'EST.

Le plan du sol doit être connecté au système de mise à la terre de sécurité du laboratoire.

7.2 Equipement en essai

L'équipement est disposé et connecté de manière à répondre à ses exigences fonctionnelles. Il doit être placé sur le plan de sol dont il convient cependant de le séparer par un support isolant de 0,1 m (bois sec, par exemple).

Les armoires contenant chaque équipement doivent être connectées au réseau de terre de sécurité directement sur le plan du sol avec un câble de connexion aussi court que possible relié à la borne de terre de l'équipement.

L'alimentation et les circuits d'entrée et de sortie doivent être connectés au bloc d'alimentation de commande et de signaux par les filtres anti-retour. Il faut utiliser les câbles fournis ou recommandés par le fabricant. A défaut, on doit utiliser des câbles non blindés d'un type compatible avec les signaux transportés. Ces câbles doivent être soumis au champ magnétique sur 1 m.

Les filtres anti-retour doivent être insérés dans les circuits à 1 m de l'EST et connectés au plan de sol.

Les circuits d'entrée et de sortie raccordés au simulateur doivent être équipés de filtres anti-retour pour éviter les interférences vers cet équipement.

Les lignes de communication (lignes de données) doivent être connectées à l'EST avec les câbles prévus pour cette application dans la spécification technique ou dans la norme appropriée. Chaque ligne passant à proximité de l'EST doit être maintenue à une distance d'environ 0,1 m du plan de sol.

7 Test set-up

The test set-up comprises the following components:

- ground (reference) plane (GRP);
- equipment under test (EUT);
- test generator;
- induction coil;
- termination network, back filter.

Precautions shall be taken if the test magnetic field may interfere with the test instrumentation and other sensitive equipment in the vicinity of the test set-up.

Examples of test set-ups are given in the following figures:

Figure 4: Example of test set-up for table-top equipment

Figure 5: Example of test set-up for floor-standing equipment

7.1 Ground (reference) plane

The ground plane (GRP) shall be placed in the laboratory; the EUT and auxiliary test equipment shall be placed on it and connected to it.

The ground plane shall be a non magnetic metal sheet (copper or aluminium) of 0,25 mm thickness; other metals may be used but in this case they shall have 0,65 mm minimum thickness.

The minimum size of the ground plane is 1 m x 1 m.

The final size depends on the dimensions of the EUT.

The ground plane shall be connected to the safety earth system of the laboratory.

7.2 Equipment under test

The equipment is configured and connected to satisfy its functional requirements. It shall be placed on the GRP with the interposition of a 0,1 m thickness insulating support (e.g. dry wood).

The equipment cabinets shall be connected to the safety earth directly on the GRP with a connection of minimum length via the earth terminal of the EUT.

The power supply, input and output circuits shall be connected to the sources of power supply, control and signals via the back filters.

The cables supplied or recommended by the equipment manufacturer shall be used. In absence of any recommendation, unshielded cables shall be adopted, of a type appropriate for the signals involved. All cables shall be exposed to the magnetic field for 1 m of their length.

The back filters shall be inserted in the circuits at 1 m cable lengths from the EUT and connected to the ground plane.

The input and output circuits, to the simulator, shall be provided with back filters in order to prevent interference to that equipment.

The communication lines (data lines) shall be connected to the EUT by the cables given in the technical specification or standard for this application. Each line, in the proximity of the EUT, shall be maintained at a distance of about 0,1 m from the GRP.

7.3 Générateur d'essai

Le générateur d'essai doit être placé à moins de 3 m de la bobine d'induction.

Il faut connecter une borne du générateur au plan de sol.

7.4 Bobine d'induction

La bobine d'induction, dont les caractéristiques sont spécifiées en 6.2.1, doit entourer l'EST placé en son centre.

On peut choisir différentes bobines d'induction pour exécuter les essais dans les différentes directions orthogonales, conformément aux critères généraux spécifiés en 6.2.1 a) et b).

Les bobines d'induction utilisées en position verticale (polarisation horizontale du champ) peuvent être connectées directement au plan de sol qui constitue le côté inférieur de la bobine et est considéré comme en faisant partie intégrante (au pied d'un conducteur vertical). Dans ce cas, une distance minimale de 0,1 m entre l'EST et le plan du sol est suffisante.

La bobine d'induction doit être connectée au générateur d'essai de la même manière que pour la procédure d'étalonnage spécifiée en 6.2.2.

La bobine d'induction retenue pour les essais doit être spécifiée dans le programme d'essai.

8 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit comprendre les opérations suivantes:

- vérification des conditions de référence du laboratoire;
- vérification préliminaire du bon fonctionnement du matériel;
- exécution de l'essai;
- évaluation des résultats de l'essai.

8.1 Conditions de référence du laboratoire

Afin de réduire au minimum l'influence des paramètres d'environnement sur les résultats de l'essai, celui-ci doit être effectué dans les conditions climatiques et électromagnétiques spécifiées en 8.1.1 et 8.1.2.

8.1.1 Conditions climatiques

Les essais doivent être effectués conformément à la CEI 68-1 selon les conditions climatiques normalisées suivantes:

- température: 15 °C à 35 °C
- humidité relative: 25 % à 75 %
- pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa

NOTE - Toute autre valeur peut être donnée dans les spécifications de produit.

8.1.2 Conditions électromagnétiques

Les conditions électromagnétiques du laboratoire doivent être de nature à garantir le bon fonctionnement de l'EST de manière à ne pas influencer les résultats de l'essai; autrement, les essais doivent être effectués dans une cage de Faraday.

Notamment, la valeur du champ électromagnétique du laboratoire doit être inférieure d'au moins 20 dB à celle du niveau d'essai sélectionné.

7.3 Test generator

The test generator shall be placed at less than 3 m distance from the induction coil. One terminal of the generator shall be connected to the ground plane.

7.4 Induction coil

The induction coil, of the type specified in 6.2.1, shall enclose the EUT placed at its centre. Different induction coils may be selected for testing in the different orthogonal directions, according to the general criteria specified in 6.2.1 a) and b).

Induction coils used in the vertical position (horizontal polarization of the field) can be bonded (at the foot of one vertical conductor) directly to the ground plane, which represents the low side of the coil, as a part of it. In this case, 0,1 m minimum distance from EUT to the ground plane is sufficient.

The induction coil shall be connected to the test generator in the same way as for the calibration procedure specified in 6.2.2.

The induction coil selected for the tests shall be specified in the test plan.

8 Test procedure

The test procedure shall include:

- verification of the laboratory reference conditions;
- preliminary verification of the correct operation of the equipment;
- carrying out the test;
- evaluation of the test results.

8.1 Laboratory reference conditions

In order to minimize the effect of environmental parameters on the test results, the test shall be carried out in climatic and electromagnetic reference conditions as specified in 8.1.1 and 8.1.2.

8.1.1 Climatic conditions

The tests shall be carried out in standard climatic conditions in accordance with IEC 68-1:

- temperature: 15 °C to 35 °C
- relative humidity: 25 % to 75 %
- atmospheric pressure: 86 kPa to 106 kPa

NOTE - Any other value may be given in the product specifications.

8.1.2 Electromagnetic conditions

The electromagnetic conditions of the laboratory shall be such to guarantee the correct operation of the EUT in order not to influence the test results; otherwise, the tests shall be carried out in a Faraday cage.

In particular, the electromagnetic field value of the laboratory shall be at least 20 dB lower than the selected test level.

8.2 Exécution de l'essai

Chaque essai doit être effectué d'après un programme d'essai comprenant la vérification des performances de l'EST telles qu'elles sont définies dans la spécification technique.

La valeur de la tension d'alimentation, des signaux et des autres quantités électriques fonctionnelles qui sont appliquées doit se trouver dans leur gamme nominale.

Si l'on ne peut pas obtenir les signaux de fonctionnement, on peut les simuler.

Il faut effectuer la vérification préliminaire des performances de l'équipement avant d'appliquer le champ magnétique.

Le champ magnétique doit être appliqué par la méthode d'immersion de l'EST en le préparant préalablement comme spécifié en 7.2.

Le niveau de l'essai ne doit pas excéder la spécification de produit.

NOTE - Afin de détecter le côté et les positions les plus sensibles de l'EST, notamment s'il s'agit d'un équipement posé au sol, la méthode de proximité peut être utilisée dans un but d'investigation. Cette méthode ne convient pas aux essais de certification. La figure 6 donne un exemple d'application de champ par la méthode de proximité.

L'essai est réalisé en appliquant 5 impulsions positives et 5 impulsions négatives au minimum.

L'intervalle entre les impulsions ne doit pas être inférieur à 10 s.

a) Matériel de table

Le matériel de table doit être soumis au champ magnétique produit par une bobine d'induction de dimensions normalisées (1 m x 1 m) conforme à 6.2.1 a) et décrite à la figure 4.

La bobine d'induction doit être tournée de 90° pour exposer l'EST au champ suivant différentes orientations.

b) Matériel posé au sol

Tout matériel posé au sol doit être soumis au champ magnétique produit par des bobines d'induction de dimensions normalisées conformes à 6.2.1 b); l'essai doit être répété en déplaçant la bobine d'induction de manière à exposer tout le volume de l'EST dans toutes les directions orthogonales.

On doit répéter l'essai en déplaçant la bobine le long de l'EST, chaque déplacement devant être équivalent à 50 % du plus petit côté de la bobine.

NOTE - Le déplacement de la bobine d'induction par étapes équivalentes à 50 % de son plus petit côté entraîne le recouvrement des parties exposées.

La bobine d'induction doit ensuite être tournée de 90° pour exposer l'EST au champ suivant différentes orientations avec la même procédure.

8.2 Carrying out the test

The test shall be carried out on the basis of a test plan including verification of the performances of the EUT as defined in the technical specification.

The power supply, signal and other functional electrical quantities shall be applied within their rated range.

If the actual operating signals are not available, they may be simulated.

Preliminary verification of equipment performances shall be carried out prior to applying the test magnetic field.

The test magnetic field shall be applied by the immersion method to the EUT, previously set-up as specified in 7.2.

The test level shall not exceed the product specification.

NOTE - In order to detect the most susceptible side/positions of the EUT, mainly of a stationary type, the proximity method may be used for investigation purposes. This method is not to be used for certification. An example of application of the test field by proximity method is given in figure 6.

The test is performed by applying at least 5 pulses of positive and 5 pulses of negative polarity.

The time interval between pulses shall be no less than 10 s.

a) Table-top equipment

The equipment shall be subjected to the test magnetic field by using the induction coil of standard dimensions (1 m x 1 m) specified in 6.2.1 a) and shown in figure 4.

The induction coil shall then be rotated by 90° in order to expose the EUT to the test field with different orientations.

b) Floor-standing equipment

The equipment shall be subjected to the test magnetic field by using induction coils of suitable dimensions as specified in 6.2.1 b); the test shall be repeated by moving and shifting the induction coils, in order to test the whole volume of the EUT for each orthogonal direction.

The test shall be repeated with the coil shifted to different positions along the side of the EUT, in steps corresponding to 50 % of the shortest side of the coil.

NOTE - The moving of the induction coil in steps corresponding to 50 % of the shortest side of the coil gives overlapping test fields.

The induction coil shall then be rotated by 90° in order to expose the EUT to the test field with different orientations and the same procedure.

9 Résultats d'essai et rapport d'essai

Cet article sert de guide pour l'évaluation des résultats d'essais et pour le rapport d'essai relatif à la présente norme.

La variété et la diversité des matériels et systèmes à essayer rendent difficile l'établissement des effets de cet essai sur les matériels et systèmes.

Les résultats d'essais doivent être classés de la façon suivante, sur la base des conditions d'utilisation et des spécifications fonctionnelles du matériel soumis à l'essai, sauf en cas d'exigences différentes données par les comités de produit, ou les spécifications de produit:

- 1) comportement normal dans les limites de la spécification;
- 2) dégradation temporaire ou perte de fonction ou comportement autorécupérable;
- 3) dégradation temporaire ou perte de fonction ou comportement nécessitant l'intervention d'un opérateur ou la remise à zéro du système;
- 4) dégradation ou perte de fonction non récupérable du fait d'une avarie du matériel (composants), du logiciel, ou encore de pertes de données.

L'application des essais définis dans la présente norme ne doit pas rendre le matériel dangereux ou peu sûr.

Dans le cas d'essais de réception, le programme des essais et l'interprétation de leurs résultats doivent être décrits dans la norme de produit spécifique.

En règle générale, le résultat est positif si le matériel résiste pendant toute la période d'exposition à l'essai et remplit, à la fin de cette période, les exigences fonctionnelles établies par la spécification technique.

La spécification technique peut définir des effets sur l'EST que l'on peut considérer comme non significatifs et cependant acceptables.

En ce qui concerne ces effets, il faut vérifier que le matériel est capable de retrouver sa capacité de fonctionnement par lui-même à la fin de la période d'essai ; il faut donc mesurer le laps de temps pendant lequel le matériel ne dispose plus de la totalité de sa capacité de fonctionnement. Ces vérifications sont obligatoires pour évaluer définitivement les résultats des essais.

Le rapport d'essai doit comprendre les conditions d'essai et les résultats de l'essai.

9 Test results and test report

This clause gives a guide for the evaluation of the test results and for the test report, related to this standard.

The variety and diversity of equipment and systems to be tested make the task of establishing the effects of this test on equipment and systems difficult.

The test results shall be classified on the basis of the operating conditions and the functional specifications of the equipment under test, as in the following, unless different specifications are given by product committees or product specifications:

- 1) normal performance within the specification limits;
- 2) temporary degradation or loss of function or performance which is self-recoverable;
- 3) temporary degradation or loss of function or performance which requires operator intervention or system reset;
- 4) degradation or loss of function which is not recoverable due to damage of equipment (components) or software, or loss of data.

Equipment shall not become dangerous or unsafe as a result of the application of the tests defined in this standard.

In the case of acceptance tests, the test program and the interpretation of the test results have to be described in the specific product standard.

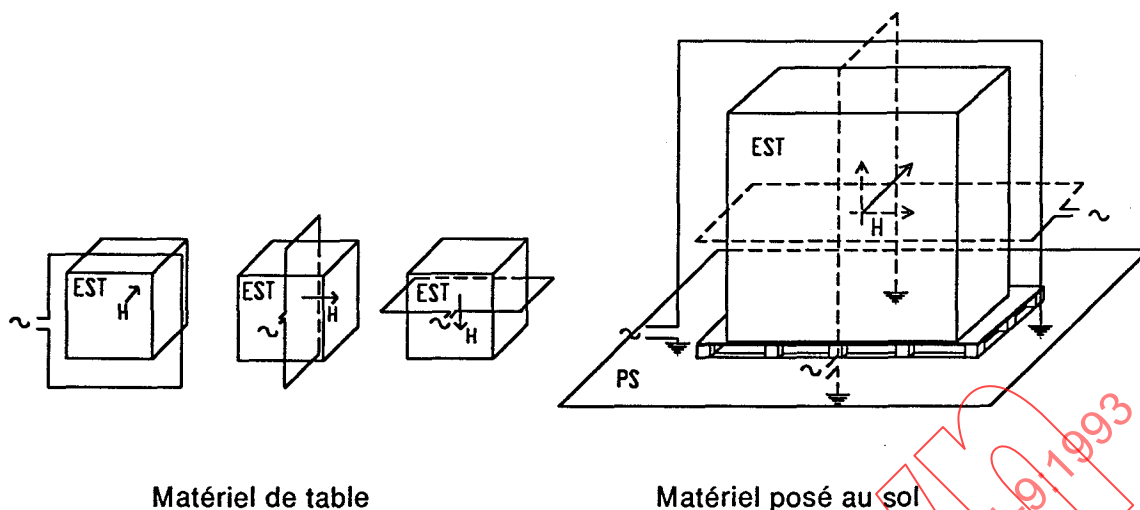
As general rule, the test result is positive if the equipment shows its immunity, for all the period of application of the test, and at the end of the tests the EUT fulfils the functional requirements established in the technical specification.

The technical specification may define effects on the EUT, that may be considered insignificant and therefore acceptable.

For these conditions it shall be verified that the equipment is able to recover its operative capabilities by itself at the end of the test; the time interval during which the equipment has lost its functional capabilities shall be therefore recorded.

These verifications are binding for the definitive evaluation of the test result.

The test report shall include the test conditions and the test results.



Matériel de table

Matériel posé au sol

Figure 1 - Exemple d'application du champ par la méthode par immersion.

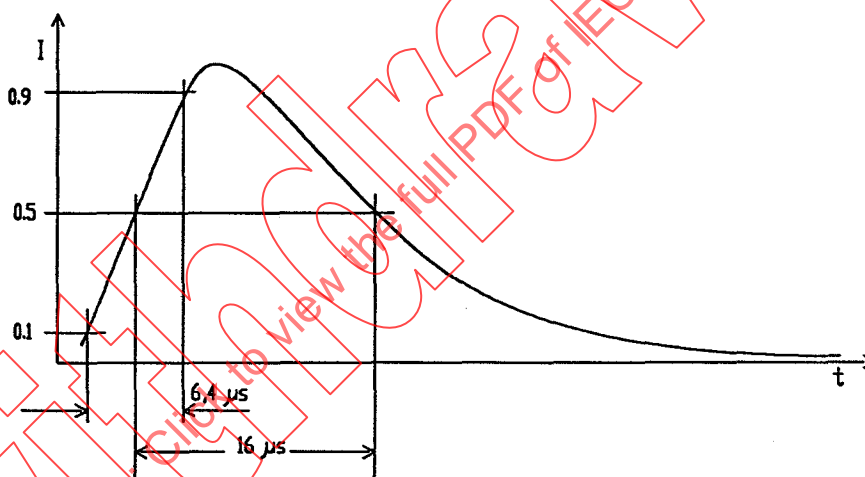
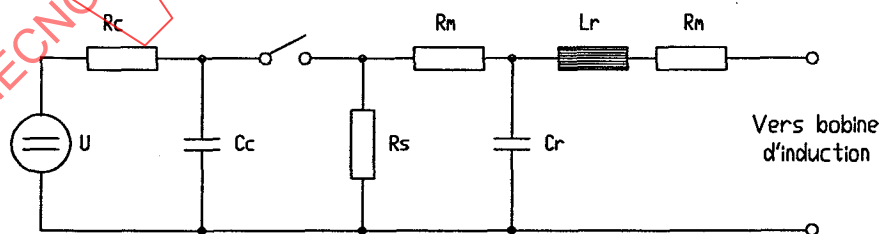


Figure 2 - Forme d'onde de courant produite par la générateur d'essai pour le champ magnétique impulsionnel (6,4/16 μs)



U: Source haute tension

Rm: Résistance d'adaptation d'impédance

Rc: Résistance de charge

Lr: Impédance mise en forme du temps de montée

Cc: Condensateur de stockage d'énergie

Rs1, Rs2: Résistance de mise en forme de la durée d'impulsion

Figure 3 - Schéma du générateur d'essai produisant le champ magnétique impulsionnel (6,4/16 μs)

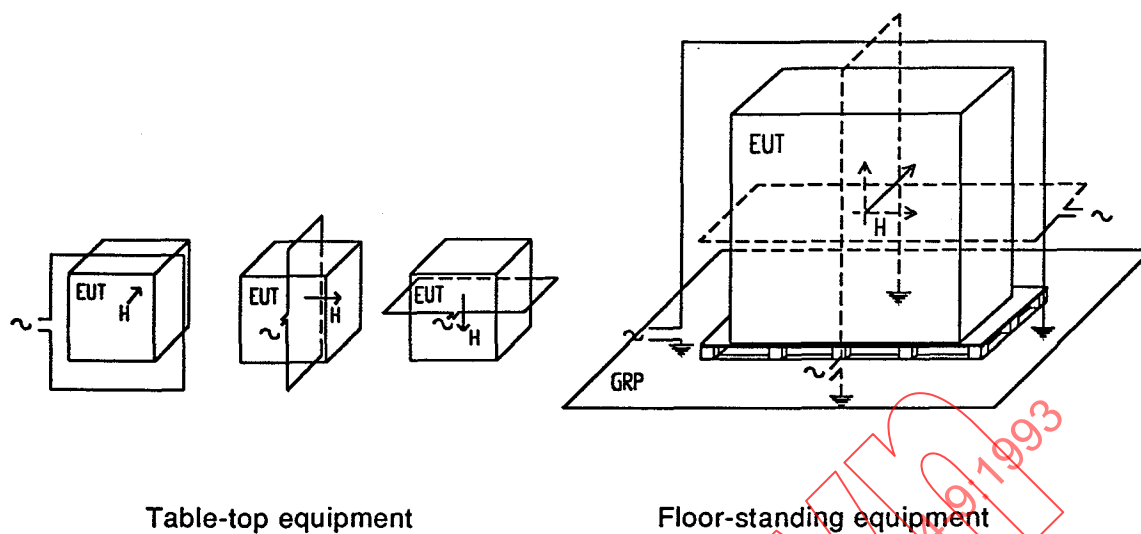
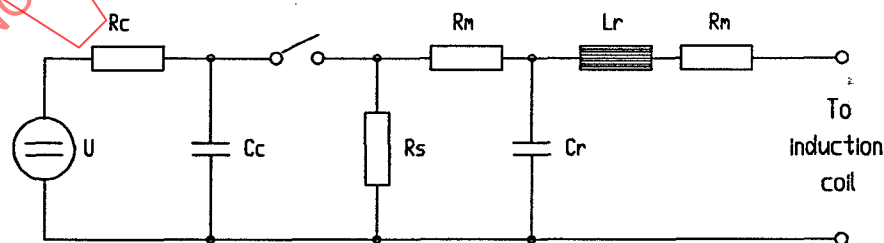


Figure 1 - Example of application of the test field by the immersion method



Figure 2 - Current waveform of the test generator for pulse magnetic field (6,4/16 μ s)



- | | | | |
|-----|--------------------------|-----------|----------------------------------|
| U: | High voltage source | Lr: | Rise time shaping resistor |
| Rc: | Charging resistor | Rm: | Impedance matching resistor |
| Cc: | Energy storage capacitor | Rs1, Rs2: | Pulse duration shaping resistors |

Figure 3 - Schematic circuit of the test generator for pulse magnetic field (6,4/16 μ s)

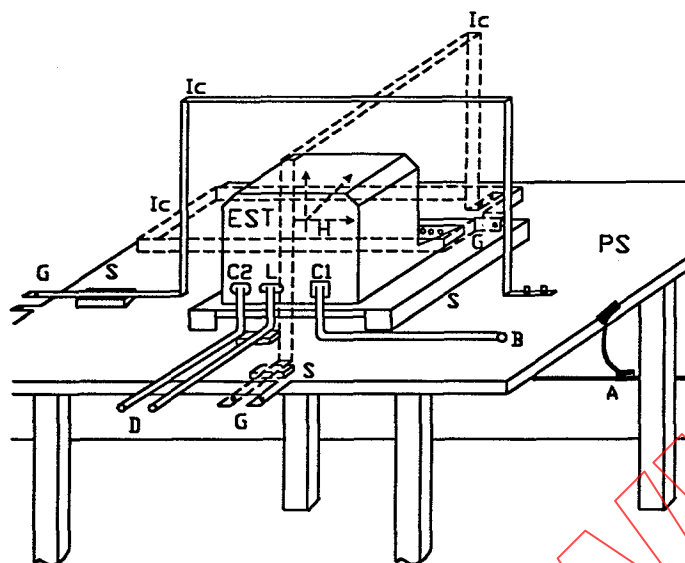


Figure 4 - Exemple d'installation d'essai pour matériel de table.

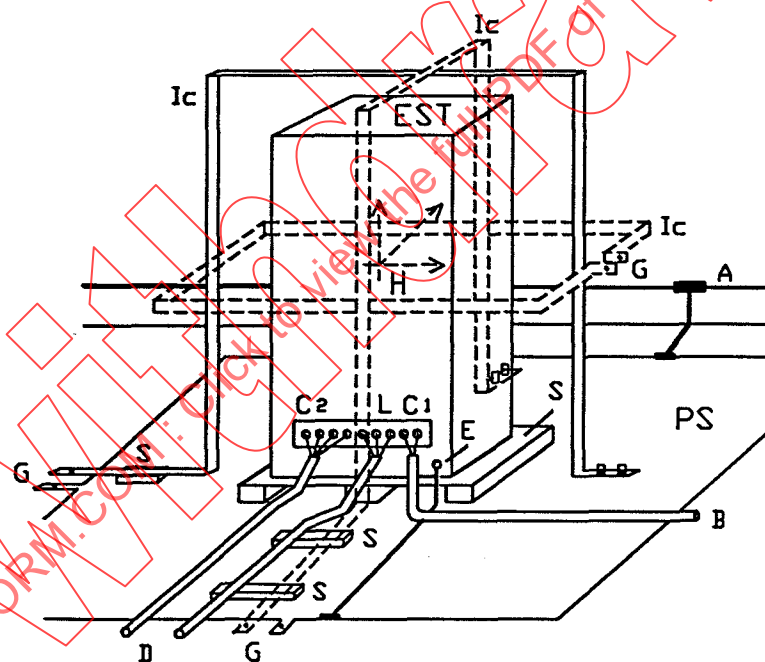


Figure 5 - Exemple d'installation d'essai pour matériel posé au sol.

Légendes communes aux figures 3 et 4

PS :	Plan de sol	C1 :	Circuit d'alimentation
A :	Terre de sécurité	C2 :	Circuit de signaux
S :	Support isolant	L :	Ligne de communication
EST :	Equipment en essai	B :	Vers source d'alimentation
Ic :	Bobine d'induction	S :	Source de signaux, simulateur
E :	Borne de terre	G :	Vers générateur d'essai

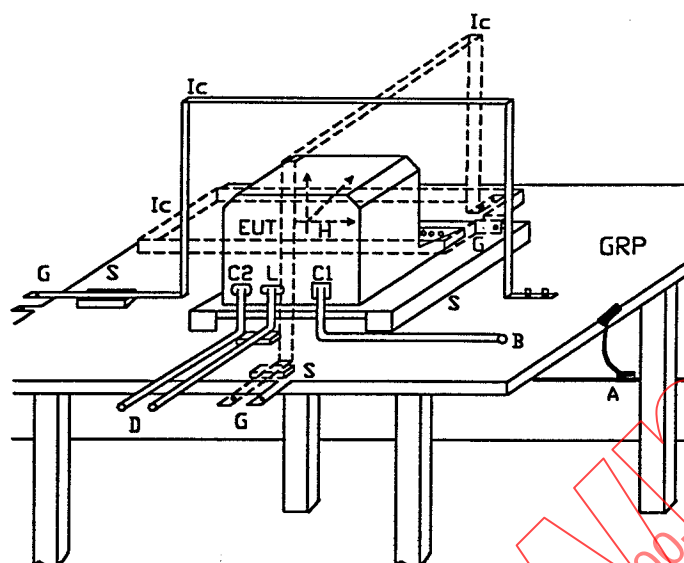


Figure 4 - Example of test set-up for table-top equipment

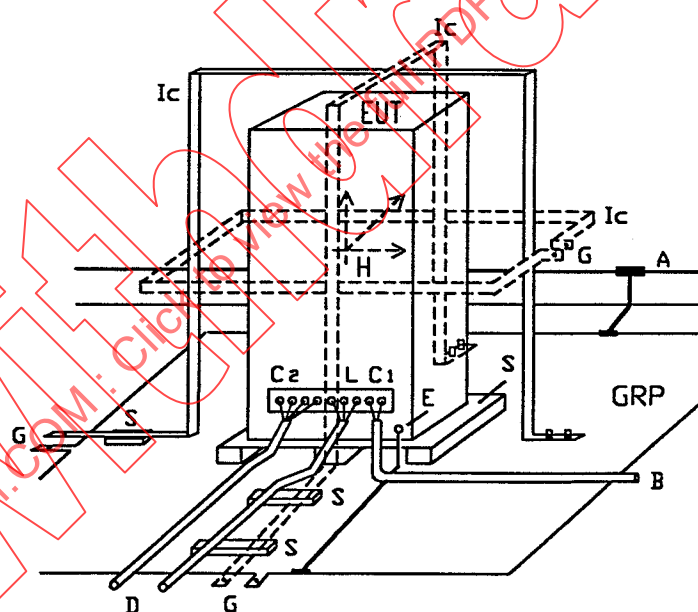


Figure 5 - Example of test set-up for floor-standing equipment

References common to figure 4 and figure 5

GRP: Ground plane	C1: Power supply circuit
A: Safety earth	C2: Signal circuit
S: Insulating support	L: Communication line
EUT: Equipment under test	B: To power supply source
Ic: Induction coil	D: To signal source, simulator
E: Earth terminal	G: To the test generator

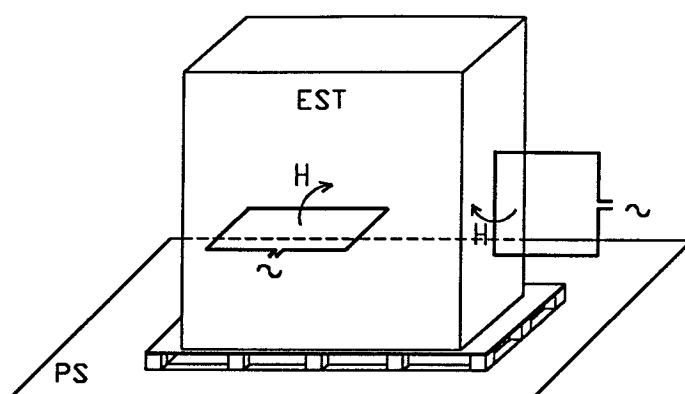
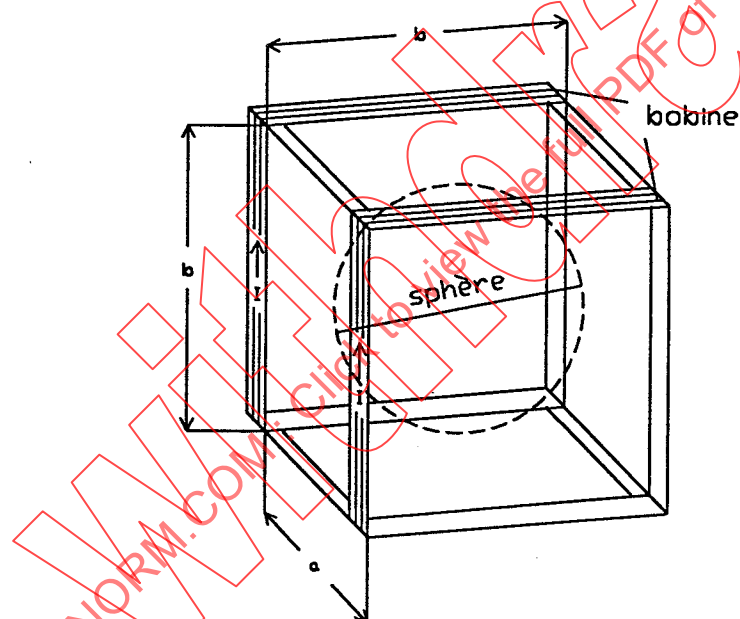


Figure 6 - Exemple de recherche de susceptibilité aux champs magnétiques par la méthode de proximité.



n :	Nombre de tours dans chaque bobine	a :	Séparation des bobines
b :	Côté des bobines	I :	Valeur du courant (A)
H :	Intensité du champ magnétique (A/m)	H :	$1,22 \times n/b \times I$

(avec $a = b/2,5$ la non homogénéité du champ magnétique est $\pm 0,2$ dB)

Figure 7 - Représentation des bobines de Helmholtz.

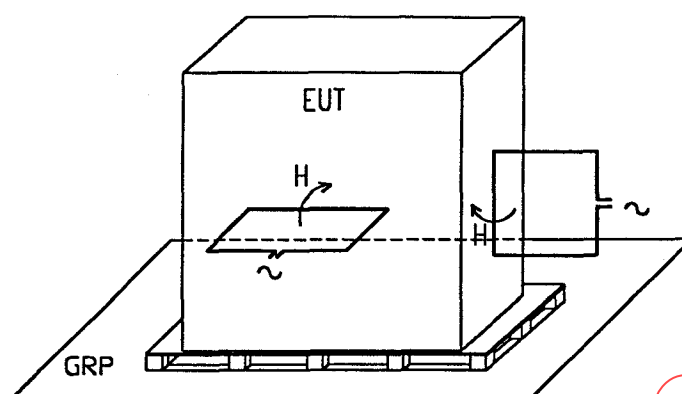
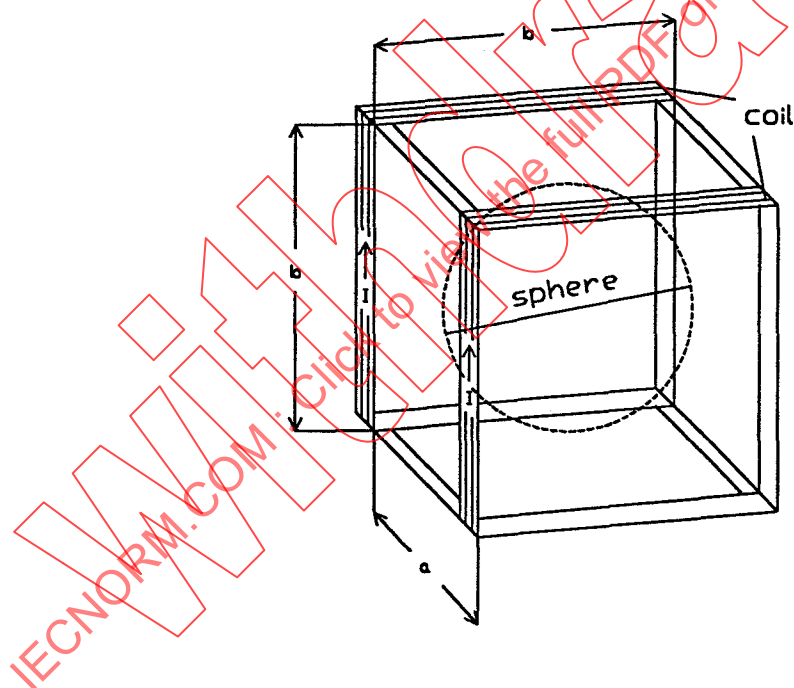


Figure 6 - Example of investigation of susceptibility to magnetic field by the proximity method



n : Number of turns in each coil

a : Separation of the coils

b : Side of the coils (m)

I : Current value (A)

H : Magnetic field strength (A/m)

$$H = 1,22 \times n/b \times I$$

(with $a = b/2,5$ the non-homogeneity of the magnetic field strength is $\pm 0,2$ dB)

Figure 7 - Illustration of Helmholtz coils

Annexe A (informative)

Méthode d'étalonnage des bobines d'induction

A.1 Mesure des champs magnétiques

L'essai au champ magnétique se fait en espace libre, sans équipement en essai et à une distance minimale de 1 m des parois du laboratoire et de tout matériau magnétique.

Le champ magnétique peut être mesuré par un système composé de capteurs à bande large (10 MHz minimum, disponibles sur le marché) et d'instruments d'enregistrement tels que des enregistreurs de transitoires ou d'un oscilloscope à mémoire.

A.2 Etalonnage de la bobine d'induction

L'étalonnage doit se faire en injectant un courant d'étalonnage à la fréquence du réseau dans la bobine d'induction et en mesurant le champ magnétique à l'aide de capteurs placés en son centre géométrique.

L'orientation des capteurs doit être déterminée de manière à obtenir la valeur maximale.

Le «facteur de bobine d'induction» doit être déterminé pour chaque bobine par le rapport «intensité du champ/courant d'injection» (H/A).

Ce «facteur de bobine» déterminé en courant alternatif n'est pas lié à la forme d'onde du courant, parce que c'est un paramètre caractéristique de la bobine d'induction. On peut donc l'utiliser pour évaluer les champs magnétiques à la fréquence du réseau et d'autres fréquences définies dans la présente norme.

Pour une bobine de dimensions normalisées, le facteur de bobine est déterminé par son fabricant et peut être vérifié au moyen de mesures de laboratoire avant d'effectuer les essais.

Annex A (normative)

Induction coil calibration method

A.1 Magnetic field measurement

The magnetic field test is related to free space condition, without the EUT and at 1 m minimum distance from the laboratory walls and any magnetic material.

The measurement of the magnetic field may be done with a measurement system comprising of wide band sensors (10 MHz minimum bandwidth, available in the market) and recording instruments e.g. transient recorders or storage oscilloscopes.

A.2 Calibration of the induction coil

The calibration shall be carried out by injecting the calibration current at power frequency in the induction coil and measuring the magnetic field by sensors placed at its geometrical centre.

Proper orientation of the sensor shall be selected in order to obtain the maximum value.

The "*induction coil factor*" shall be determined for each induction coil as the ratio "field strength/current" of injection (H/A).

The "*coil factor*", determined at a.c. current, is not related to the current waveform, because it is a characteristic parameter of the induction coil; it is therefore applicable for the evaluation of magnetic field at power frequency and other frequencies defined in this standard.

For standard dimension coil, the coil factor is determined by the manufacturer of the coil, and can be verified by laboratory measurements before carrying out the tests.

Annexe B (normative)

Caractéristiques des bobines d'induction

B.1 Généralités

Cette annexe traite des problèmes de production des champs magnétiques.

Dans un premier temps, on a étudié les méthodes par immersion et les méthodes de proximité.

Pour connaître les limites d'application de ces méthodes, il a fallu approfondir certaines questions.

Dans ce qui suit, on donne les explications ayant abouti aux valeurs choisies.

B.2 Exigences relatives aux bobines d'induction

On accepte une tolérance de «3 dB sur le champ dans le volume de l'EST». Compte tenu des limites pratiques de production de champs constants dans une large plage de volumes, cette marge a été considérée comme un compromis technique raisonnable pour un essai caractérisé par des niveaux de sévérité distants de 10 dB.

La constance du champ n'est exigée que dans une seule direction, orthogonale au plan de la bobine. On peut obtenir un champ orienté dans différentes directions en faisant pivoter la bobine d'induction au cours des différentes phases des essais.

B.3 Caractéristiques des bobines d'induction

Les diagrammes suivants présentent les caractéristiques de bobines d'induction de différentes dimensions connues pour étudier les *matériels de table* ou les *équipements posés au sol*:

- profil du champ produit dans son plan par une spire d'induction carrée (1 m de côté) (voir la figure B.1);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans son plan par une spire d'induction carrée (1 m de côté) (voir la figure B.2);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan de la spire) par une bobine d'induction carrée (1 m de côté) (voir la figure B.3);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan des bobines) par deux spires d'induction carrée (1 m de côté) espacées de 0,6 m (voir la figure B.4);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan des bobines) par deux spires d'induction carrée (1 m de côté) espacées de 0,8 m (voir la figure B.5);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans son plan par une spire d'induction rectangulaire (1 m x 2,6 m) (voir la figure B.6);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans son plan par une spire d'induction rectangulaire (1 m x 2,6 m), le plan de sol étant considéré comme un côté de la bobine (voir la figure B.7);
- zone des 3 dB pour le champ produit dans le plan orthogonal moyen (composante

Annex B (normative)

Characteristics of the induction coils

B.1 General

This annex considers the problems of generation of the test magnetic fields.

In the first stage, both the immersion and proximity methods were considered.

In order to know the limits of application of such methods, some questions have been emphasized.

In the following the reasons for the values are explained.

B.2 Induction coil requirements

The requirement of the induction coil is "3 dB tolerance of the test field in the volume of the EUT"; this tolerance has been considered a reasonable technical compromise in respect of a test characterized by severity levels in 10 dB steps, due to practical limits in the generation of constant field over a wide range of volumes.

The constancy of the field is a requirement limited to a single direction, orthogonal to the coil plane. The field in different directions is obtainable in successive test steps by rotating the induction coil.

B.3 Induction coil characteristics

The characteristics of induction coils of different dimensions suitable for testing *table-top equipment* or *floor standing equipment* are given in diagrams showing:

- profile of the field generated by a square induction coil (1 m side) in its plane (see figure B.1);
- 3 dB area of the field generated by a square induction coil (1 m side) in its plane (see figure B.2);
- 3 dB area of the field generated by a square induction coil (1 m side) in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coil) (see figure B.3);
- 3 dB area of the field generated by two square induction coils (1 m side) 0,6 m spaced, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coils) (see figure B.4);
- 3 dB area of the field generated by two square induction coils (1 m side) 0,8 m spaced, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coils) (see figure B.5);
- 3 dB area of the field generated by a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m) in its plane (see figure B.6);
- 3 dB area of the field generated by a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m) in its plane (ground plane as a side of the induction coil) (see figure B.7);
- 3 dB area of the field generated by a rectangular induction coil (1 m x 2,6 m), with ground plane, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coil) (see figure B.8).

orthogonale au plan de la bobine) par une spire d'induction rectangulaire (1 m x 2,6 m) (voir la figure B.8).

Les critères suivants ont été pris en compte dans le choix de la forme, de la disposition et des dimensions des bobines d'induction:

- la zone des 3 dB, à l'intérieur et à l'extérieur de la bobine, est liée à la forme et aux dimensions de celle-ci;
- pour un champ donné, la valeur du courant, la puissance d'alimentation et l'énergie du générateur d'essai sont proportionnels aux dimensions de la bobine d'induction.

B.4 Résumé des caractéristiques des bobines d'induction

Sur la base des données obtenues sur la distribution du champ engendré par des bobines de différentes tailles et dans l'optique de l'application de la méthode d'essai présentée dans cette norme à différentes classes de matériels, on peut tirer les conclusions suivantes:

- *1 spire carrée de 1 m de côté:* volume d'essai de 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m (hauteur) (distance minimale de 0,2 m entre l'EST et la bobine);
- *2 spires carrées de 1 m de côté espacées de 0,6 m:* volume d'essai de 0,6 m x 0,6 m x 1 m (hauteur) (distance minimale de 0,2 m entre l'EST et la bobine), augmentation de la distance séparant les bobines jusqu'à 0,8 m et augmentation de la hauteur d'essai jusqu'à 1,2 m (voir la zone des 3 dB dans le plan orthogonal principal);
- *1 spire rectangulaire de 1 m x 2,6 m:* volume d'essai de 0,6 m x 0,6 m x 2 m (hauteur) (distances minimales de 0,2 m et de 0,3 m entre l'EST et la bobine, respectivement dans le sens horizontal et dans le sens vertical); si la bobine est fixée au plan du sol, une distance de 0,1 m suffit.

In the selection of the form, arrangement and dimensions of the test coil, the following points have been considered:

- the 3 dB area, inside and outside the induction coil, is related to the shape and dimensions of the induction coil;
- for a given field strength, driving current value, power and energy of the test generator are proportional to the dimensions of the induction coil.

B.4 Summary of characteristics of induction coils

On the basis of the data on the field distribution of coils with different sizes and in view of adopting the test method given in this standard to different classes of equipment, the conclusions that can be drawn are as follows:

- *single square coil, 1 m side* : testing volume 0,6 m x 0,6 m x 0,5 m high (0,2 m minimum distance from EUT to the coil);
- *double square coils, 1 m side, 0,6 spaced* : testing volume 0,6 x 0,6 x 1 m high (0,2 m minimum distance from EUT to the coil); increasing of the separation of the coils up to 0,8 m, extends the maximum high of testable EUT (see the 3 dB area, in the mean orthogonal plane) up to 1,2 m.
- *single rectangular coil, 1 m x 2,6 m* : testing volume 0,6 m x 0,6 m x 2 m high (0,2 and 0,3 m minimum distance from EUT to the coil, respectively for the horizontal and vertical dimensions of EUT); if the induction coil is bonded to the GRP, a 0,1 m distance from it is sufficient.

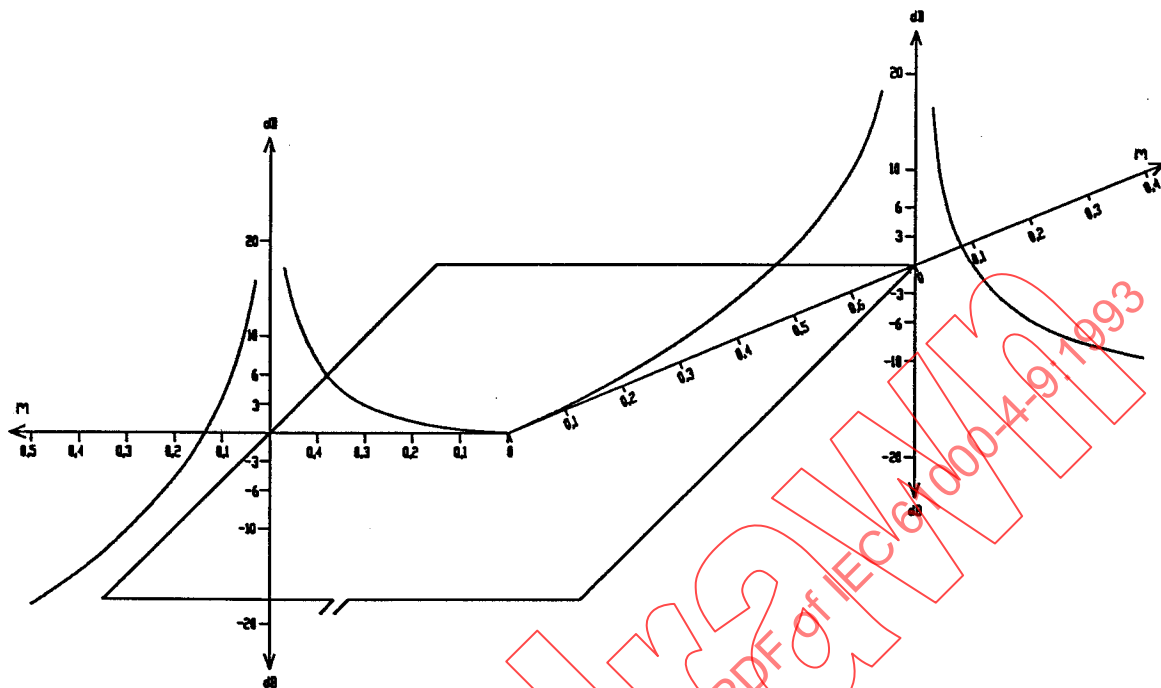


Figure B.1 - Caractéristiques du champ engendré dans son plan par une spire d'induction carrée (1 m de côté).

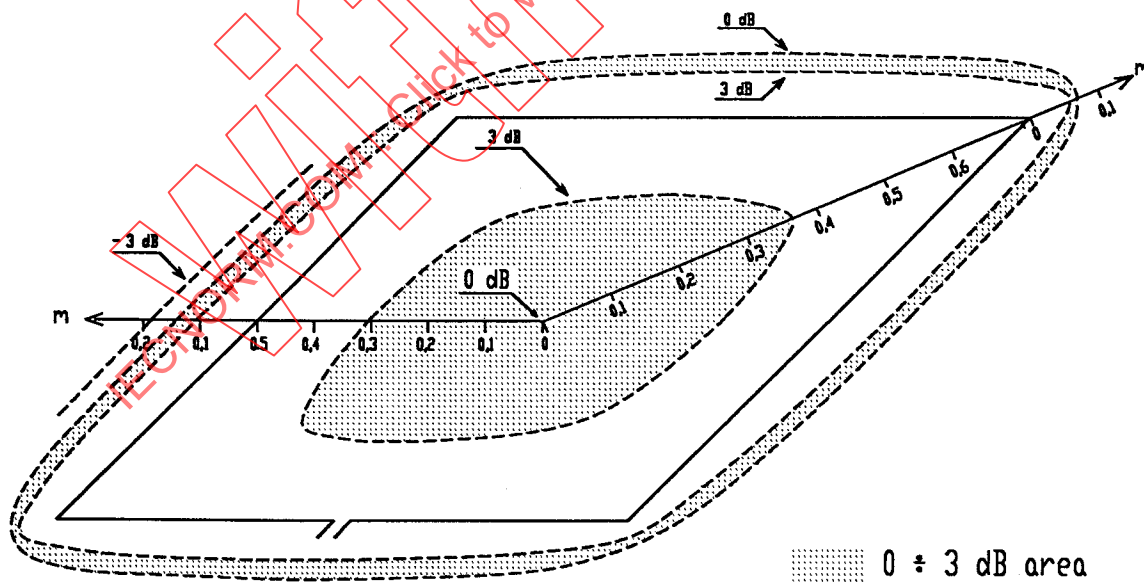


Figure B.2 - Zones des 3 dB pour le champ engendré dans son plan par une spire d'induction carrée (1 m de côté).

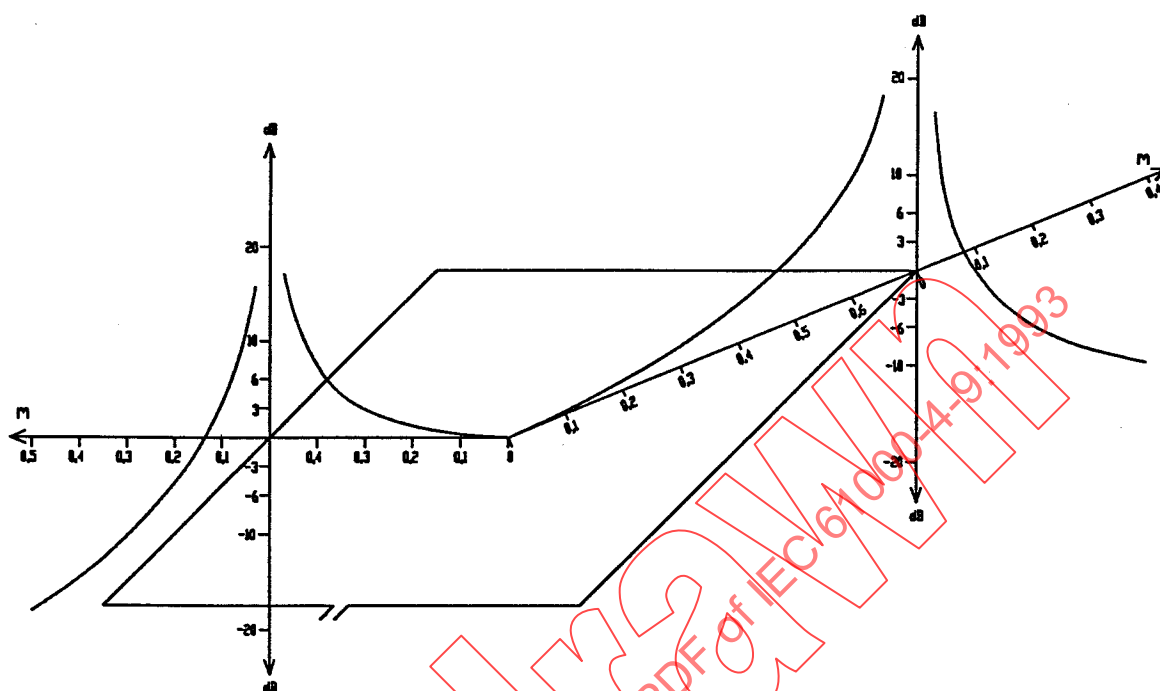


Figure B.1 - Characteristics of the field generated by a square induction coil (1 m side) in its plane.

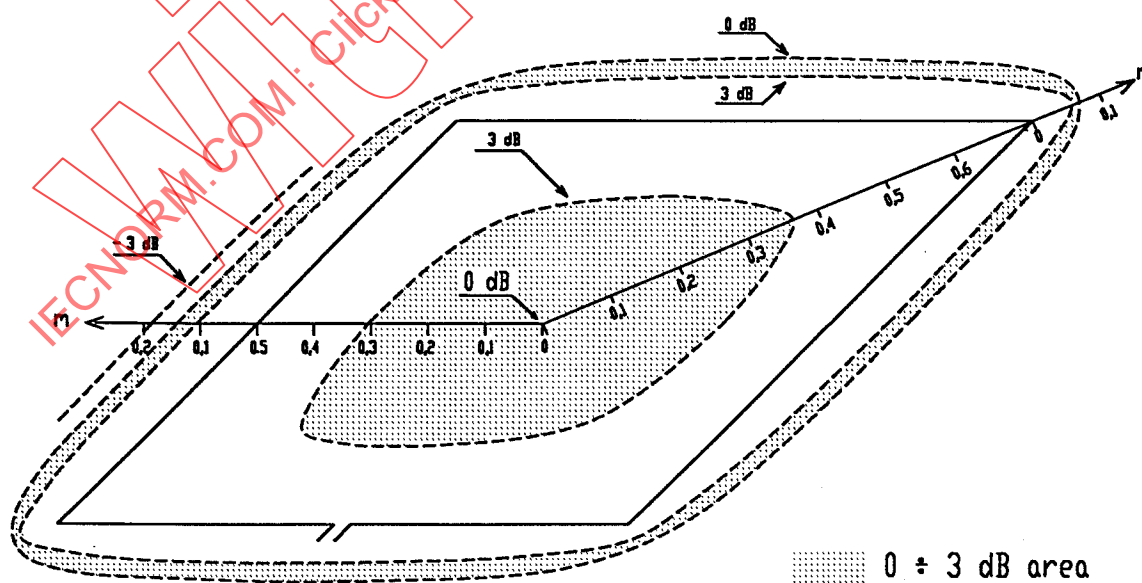


Figure B.2 - 3 dB area of the field generated by a square induction coil (1 m side) in its plane.

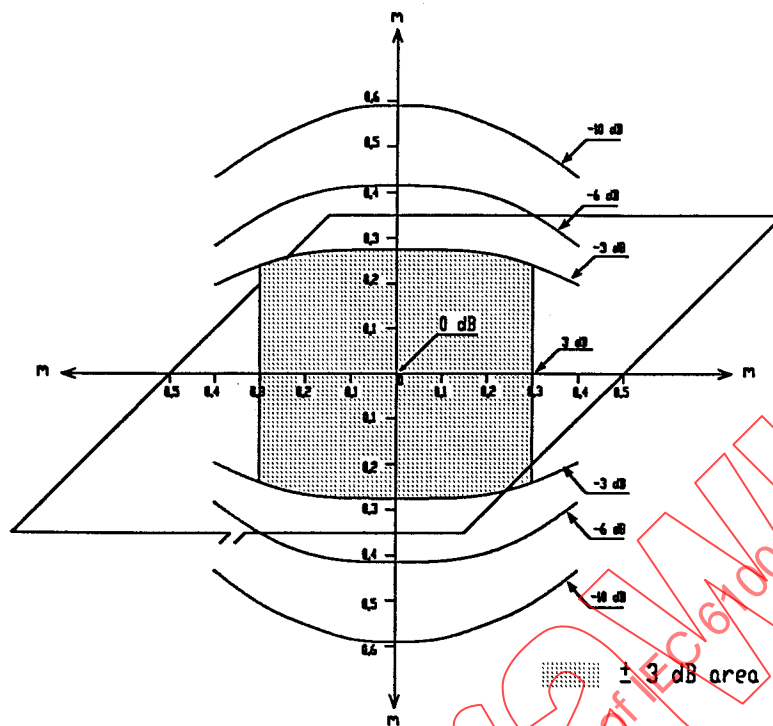


Figure B.3 - Zone des 3 dB pour le champ engendré dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan de la spire) par une spire d'induction carrée (1 m de côté).

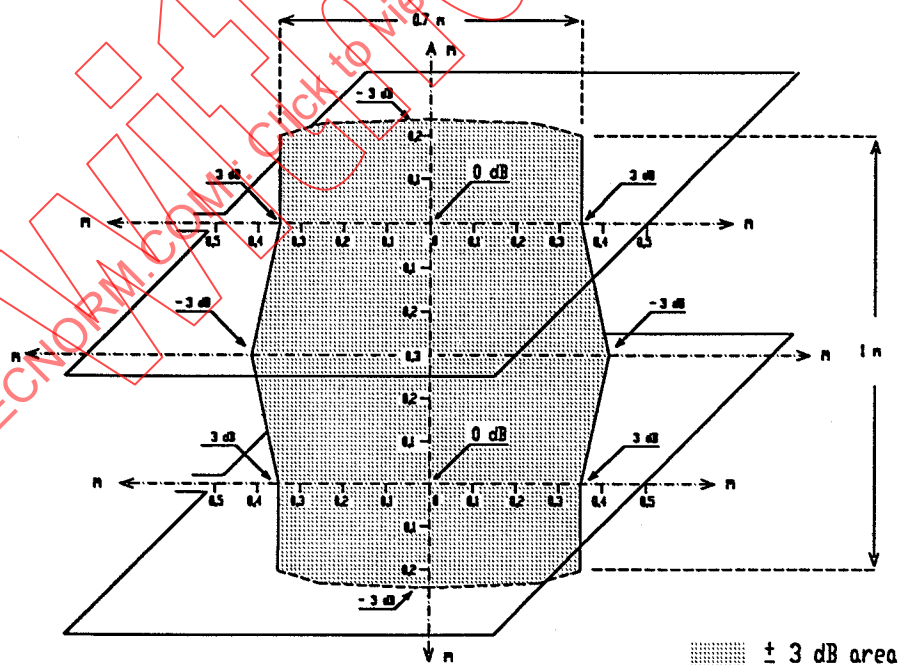


Figure B.4 - Zone des 3 dB pour le champ engendré dans le plan orthogonal moyen (composante orthogonale au plan des spires) par deux spires d'induction carrées (1 m de côté) espacées de 0,6 m.

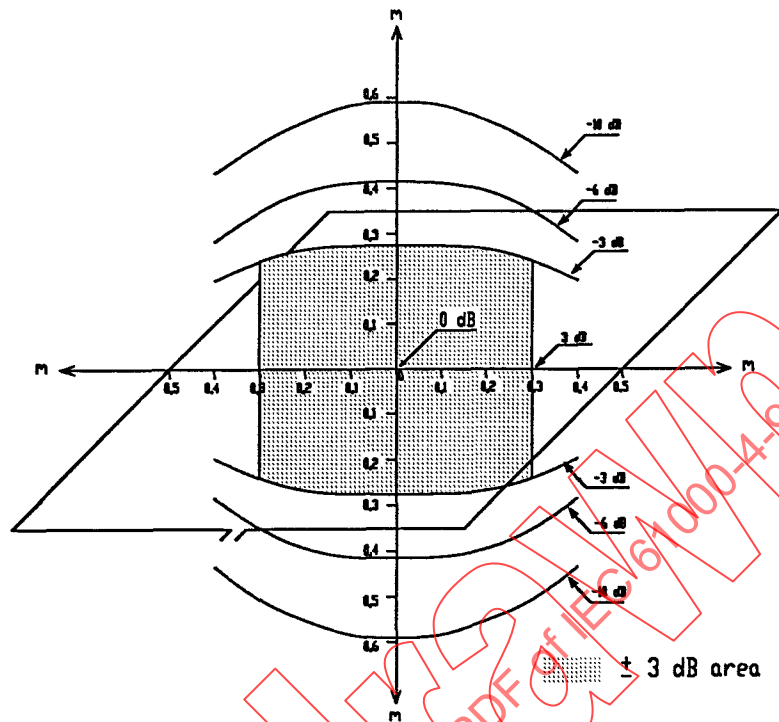


Figure B.3 - 3 dB area of the field generated by a square induction coil (1 m side) in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coil).

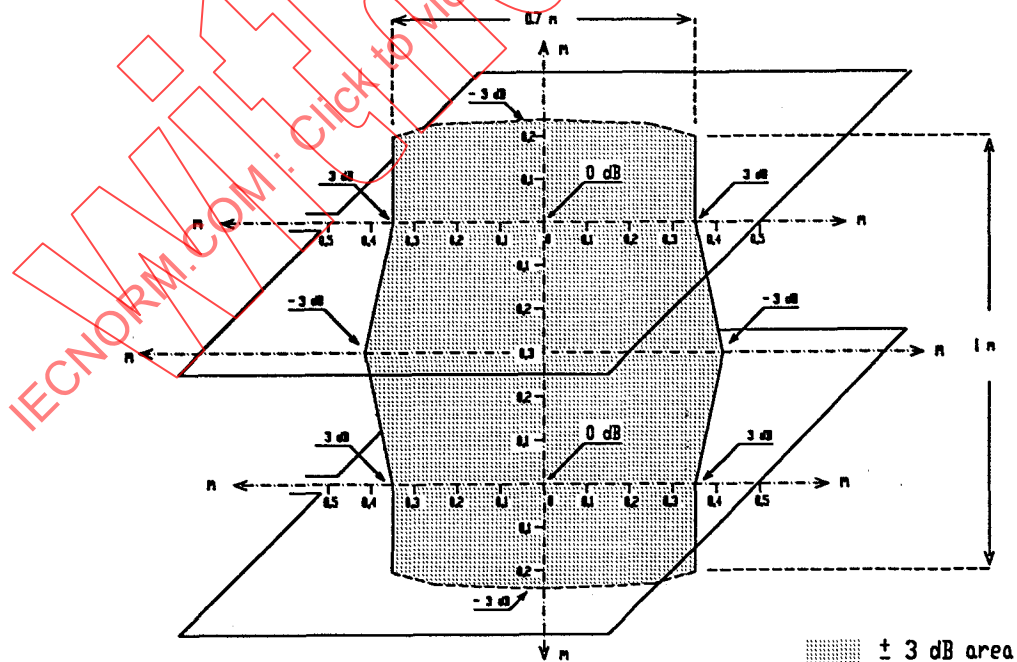


Figure B.4 - 3 dB area of the field generated by two square induction coils (1 m side) 0,6 m spaced, in the mean orthogonal plane (component orthogonal to the plane of the coils).