

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1000-2-5**

Première édition
First edition
1995-09

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 2:

Environnement –

Section 5: Classification des environnements
électromagnétiques

Publication fondamentale en CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 2:

Environment –

Section 5: Classification of electromagnetic
environments

Basic EMC publication



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1000-2-5: 1995

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.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 2
TECHNICAL
REPORT – TYPE 2**

**CEI
IEC
1000-2-5**

Première édition
First edition
1995-09

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 2:

Environnement –

Section 5: Classification des environnements
électromagnétiques

Publication fondamentale en CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 2:

Environment –

Section 5: Classification of electromagnetic
environments

Basic EMC publication

© CEI 1995 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 pro-
cédé, 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 **XA**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Généralités.....	10
1.1 Domaine d'application et objet.....	10
1.2 Référence normative	10
1.3 Approche.....	10
2 Définitions	14
2.1 Compatibilité électromagnétique : définitions annotées	16
2.2 Acronymes	18
3 Guide d'utilisation du présent rapport	18
3.1 Raison d'être du système de classification	18
3.2 Environnements : phénomènes physiques considérés	18
3.3 Simplification de la base de données environnement	20
4 Phénomènes électromagnétiques basse fréquence.....	24
4.1 Phénomènes basse fréquence conduits.....	24
4.2 Phénomènes basse fréquence rayonnés	32
5 Phénomènes électromagnétiques haute fréquence.....	36
5.1 Phénomènes haute fréquence conduits	36
5.2 Phénomènes haute fréquence rayonnés	44
6 Décharge électrostatique.....	48
6.1 Courants de DES.....	48
6.2 Champs produits par les courants de DES.....	50
7 Classification des environnements	52
7.1 Types d'emplacements.....	52
7.2 Perturbations incidentes et accès des équipements	52
8 Principes du choix des niveaux d'immunité	56
8.1 Approche.....	56
8.2 Incertitudes	56
8.3 Critères de gravité.....	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 General	11
1.1 Scope and object.....	11
1.2 Normative reference.....	11
1.3 Approach	11
2 Definitions	15
2.1 Annotated definitions on electromagnetic compatibility.....	17
2.2 Acronyms	19
3 User's guide for this report	19
3.1 Rationale for classification system	19
3.2 Environmental phenomena	19
3.3 Simplification of the environmental database.....	21
4 Low-frequency electromagnetic phenomena	25
4.1 Conducted low-frequency phenomena.....	25
4.2 Radiated low-frequency phenomena.....	33
5 High-frequency electromagnetic phenomena	37
5.1 Conducted high-frequency phenomena	37
5.2 Radiated high-frequency phenomena	45
6 Electrostatic discharge	49
6.1 ESD currents	49
6.2 Fields produced by ESD currents.....	51
7 Classification of environments	53
7.1 Types of location	53
7.2 Impinging disturbances and equipment ports	53
8 Principles of the selection of immunity levels.....	57
8.1 Approach.....	57
8.2 Uncertainties	57
8.3 Criticality criteria	59

Tableaux	Pages
1 Principaux phénomènes entraînant des perturbations électromagnétiques.....	22
2 Plages de degrés de perturbation pour les harmoniques dans les réseaux d'énergie basse tension.....	26
3 Plages de degrés de perturbation pour les tensions de signalisation dans les réseaux d'énergie	28
4 Sources et plages de degrés de perturbation pour l'amplitude et la fréquence de la tension dans les réseaux d'énergie	30
5 Sources et plages de degrés de perturbation pour les tensions de mode commun induites à basse fréquence dans les câbles de signal et de commande	32
6 Sources et plages de degrés de perturbation pour les champs magnétiques à basse fréquence	34
7 Sources et plages de degrés de perturbation pour les champs électriques basse fréquence	36
8 Degrés de perturbation des tensions induites en ondes entretenues par rapport à la terre de référence.....	38
9 Sources et plages de degrés de perturbation pour les transitoires unidirectionnels conduits dans les réseaux d'énergie basse tension en courant alternatif	42
10 Sources et plages de degrés de perturbation pour les transitoires oscillatoires conduits dans les réseaux d'énergie en courant alternatif à basse tension	44
11 Sources et plages de degrés de perturbation pour les perturbations oscillatoires rayonnées	46
12 Sources et plages de degrés de perturbation pour les perturbations impulsionnelles rayonnées	48
13 Sources et plages de degrés de perturbation pour les décharges électrostatiques (DES) ...	50
14 Plages de degrés de perturbation pour les gradients de champ dus à des décharges électrostatiques (DES)	50
A.1 Classe d'emplacement de type 1	64
A.2 Classe d'emplacement de type 2	68
A.3 Classe d'emplacement de type 3	72
A.4 Classe d'emplacement de type 4	76
A.5 Classe d'emplacement de type 5	80
A.6 Classe d'emplacement de type 6	84
A.7 Classe d'emplacement de type 7	88
A.8 Classe d'emplacement de type 8	92
B Formes d'onde typiques pour les perturbations oscillatoires rayonnées.....	94
 Annexes	
A Exemples de niveaux de compatibilité applicables à des classes d'emplacement types	62
B Perturbations oscillatoires rayonnées	94
C Perturbations impulsionnelles rayonnées	98

Tables	Page
1 Principal phenomena causing electromagnetic disturbances	23
2 Range of disturbance degrees for harmonics in low-voltage power systems	27
3 Range of disturbance degrees for signalling voltages in power systems	29
4 Sources and range of disturbance degrees for voltage amplitude and frequency in power systems	31
5 Sources and range of disturbance degrees for low-frequency, common-mode induced voltages in signal and control cables	33
6 Sources and range of disturbance degrees for low-frequency magnetic fields	35
7 Sources and range of disturbance degrees for low-frequency electric fields	37
8 Disturbance degrees of induced CW voltages with respect to reference ground	39
9 Sources and range of disturbance degrees for conducted unidirectional transients in low-voltage a.c. power systems	43
10 Sources and range of disturbance degrees for conducted oscillatory transients in low-voltage a.c. power systems	45
11 Sources and range of disturbance degrees for radiated oscillatory disturbances	47
12 Sources and range of disturbance degrees for radiated pulsed disturbances	49
13 Sources and range of disturbance degrees for ESD	51
14 Range of disturbance degrees for field gradients caused by ESD	51
A.1 Location class type 1	65
A.2 Location class type 2	69
A.3 Location class type 3	73
A.4 Location class type 4	77
A.5 Location class type 5	81
A.6 Location class type 6	85
A.7 Location class type 7	89
A.8 Location class type 8	93
B Typical waveforms for radiated oscillatory disturbances	95
Annexes	
A Examples of compatibility levels for typical location classes	63
B Radiated oscillatory disturbances	95
C Radiated pulsed disturbances	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 2: Environnement –

Section 5: Classification des environnements électromagnétiques 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, préparées 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 2: Environment –
Section 5: Classification of electromagnetic environments
Basic EMC publication**

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 co-operation 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, prepared by technical committees on which all the 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, 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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 1000-2-5, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
77B(SEC)122	77B/142/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.4.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine de la compatibilité électromagnétique car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

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

IEC 1000-2-5, which is a technical report of type 2, has been prepared by sub-committee 77B: High-frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
77B(SEC)122	77B/142/RVC

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.4.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a “prospective standard for provisional application” in the field of electromagnetic compatibility because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an “International Standard”. It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

Annexes A, B and C are for information only.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 2: Environnement –

Section 5: Classification des environnements électromagnétiques Publication fondamentale en CEM

1 Généralités

1.1 *Domaine d'application et objet*

La présente section de la CEI 1000-2 est un rapport technique destiné à servir de guide, et non de spécification, à l'attention des rédacteurs de normes d'immunité concernant un équipement ou un système. Elle a pour objet de classer les environnements électromagnétiques afin de faciliter la spécification des exigences d'immunité applicables à des objets comprenant des parties électriques ou électroniques, en vue d'obtenir la compatibilité électromagnétique de ces objets. Elle donne également des conseils élémentaires concernant le choix des niveaux d'immunité. Les informations présentées sont applicables à tout équipement, sous-système ou système utilisant l'énergie électromagnétique et fonctionnant dans un environnement particulier défini dans le présent rapport. Ce rapport ne décrit pas l'environnement interne des appareils de transport (véhicules, matériel de traction, navires, avions), mais s'attache à décrire les effets du fonctionnement de ces appareils sur leur environnement.

Il est à noter que les spécifications des niveaux d'immunité choisis pour les objets ne sont pas forcément uniquement liées à leur environnement, mais aussi aux exigences des applications (au point de vue fiabilité ou sécurité par exemple). Cela peut conduire à des spécifications plus contraignantes que d'habitude. Ces niveaux peuvent aussi être considérés dans un cadre plus général, tel celui des normes génériques et de produits en prenant en compte les aspects statistiques et économiques et l'expérience commune dans certains domaines d'application.

1.2 *Référence normative*

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 1000-2. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 1000-2 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(161): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

1.3 *Approche*

La présente classification des environnements électromagnétiques repose sur le classement ou sur la description des phénomènes électromagnétiques rencontrés dans des environnements typiques, et non sur les spécifications d'essais en vigueur. Cependant, en présence d'un choix entre des possibilités équivalentes, l'harmonisation avec des spécifications d'essais existantes (si elles sont concordantes) simplifiera la situation et facilitera l'acceptation des recommandations. La définition de l'environnement électromagnétique donnée par la CEI 50(161) fait référence aux «phénomènes électromagnétiques». Dans le cadre du présent

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 2: Environment –

Section 5: Classification of electromagnetic environments Basic EMC publication

1 General

1.1 Scope and object

This section of IEC 1000-2 is a technical report intended for guidance, not as a specification, for those who are in charge of writing immunity standards for an equipment or system. Its purpose is to classify electromagnetic environments and help improve the specification of the immunity requirements of an item containing electrical or electronic parts, and consequently obtain electromagnetic compatibility. It also gives basic guidance for the selection of immunity levels. The data are applicable to any equipment, subsystem or system making use of electromagnetic energy and operating in a specific location as defined by this report. The environment inside transportation equipment (vehicles, traction, ships, aircraft) is not described in this report, but their effect on the surrounding environment is included.

It should be noted that the immunity level requirements chosen for the items are not only inevitably bound to their environment, but also to the requirements of the applications (e.g. for reliability or safety purposes). That could lead to more stringent requirements than usual. These levels may also be established for more general purposes such as generic and product standards, taking into account statistical and economical aspects as well as common experiences in certain application fields.

1.2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 1000-2. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision and parties to agreements based on this section of IEC 1000-2 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(161): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

1.3 Approach

Classification of the electromagnetic environment is based on the classification or a description of the electromagnetic phenomena prevailing at typical locations, not on existing test specifications. However, given a choice among equal possibilities, harmonization with existing test specifications (if appropriate) will simplify the situation and promote easier acceptance of the recommendations. The definition of electromagnetic environment in IEC 50(161) makes reference to “electromagnetic phenomena”. The term *disturbance degree* is used in this report for quantifying the phenomena contributing to the electromagnetic environment, independently

rapport, le terme *degré de perturbation* est utilisé pour quantifier les phénomènes contribuant à l'environnement électromagnétique, en dehors de toute considération de niveaux d'essai. Etant réservé à la spécification des *niveaux d'essai* dans d'autres publications de la CEI, le terme «niveau de gravité» ne sera pas utilisé, dans le présent rapport, pour la description de l'environnement.

Dans un document de classification, il faut donc partir de la notion et du terme de phénomène électromagnétique pour définir l'environnement et sélectionner les degrés de perturbation. Les articles 4, 5 et 6 du présent rapport précisent ce point de départ en distinguant trois grandes catégories de phénomènes: phénomènes basse fréquence, phénomènes haute fréquence et décharge électrostatique. Il s'agit, dans un premier temps, de définir les caractéristiques des phénomènes (amplitude, forme d'onde, impédance de source, fréquence d'occurrence, etc.) de façon générique et d'établir les degrés (plages) prévisibles de perturbation. Dans un deuxième temps, UNE SEULE valeur sera retenue comme étant la plus représentative d'une plage donnée pour chacun des phénomènes considérés dans un environnement particulier (classe d'emplacement). Cette valeur sera donc présentée comme conditionnant le niveau de compatibilité pour cette classe d'emplacement.

La figure 1 illustre ce processus, qui fait intervenir deux types de tableaux: un ensemble de tableaux d'entrée axés sur les phénomènes et définissant une plage de niveaux de perturbation pour chaque phénomène donné et un ensemble de tableaux de sortie, axés sur l'emplacement et comprenant un tableau pour chaque classe, chacun des phénomènes identifiés dans les tableaux d'entrée étant alors assorti d'un niveau de compatibilité.

Enfin, la classification des environnements en fonction de classes d'emplacement donnant lieu à des niveaux de compatibilité est présentée à l'article 7, les tableaux de l'annexe A fournissant des exemples spécifiques de classes d'emplacement. Les caractéristiques de ces classes d'emplacement reposent sur les caractéristiques électromagnétiques significatives d'un emplacement, plutôt que sur des aspects géographiques ou structurels. Ainsi, on ne peut pas se contenter du terme «usine» pour qualifier un emplacement donné: en effet, dans une même usine, on peut trouver des conditions localisées différentes, telles qu'une salle informatique, les locaux administratifs et les ateliers proprement dits.

Les types d'emplacements indiqués dans la classification finale supposent que l'on définisse de façon spécifique des caractéristiques électromagnétiques significatives. Outre les classes répertoriées à l'annexe A, d'autres classes d'emplacement pourront être définies et ajoutées à cet ensemble, en fonction des besoins.

Il convient de noter que cette classification repose sur les environnements répertoriés avec un facteur de probabilité acceptable au début des années quatre-vingt dix. Les degrés de perturbation figurant à l'annexe A sont donnés à titre d'exemple de niveaux de compatibilité, afin de servir de guide aux comités de produit, et ne constituent pas des niveaux autorisés ou des exigences d'immunité par voie normative. Ces valeurs sont entachées de certaines incertitudes et peuvent être incapables de décrire correctement certains environnements extrêmes.

of any consideration of test levels. The term “severity level” will not be used in this report to describe the environment, as it is reserved for specifying immunity *test levels* in other IEC publications.

Thus, the concept and term of electromagnetic phenomenon is the starting point for defining the environment and selecting disturbance degrees in a classification document. Clauses 4, 5 and 6 of this report are the first step of the process. Three basic categories of phenomena have been identified: low-frequency phenomena, high-frequency phenomena and electrostatic discharge. In the first stage, attributes of the phenomena (amplitudes, waveforms, source impedance, frequency of occurrence, etc.) will be defined generically, and the expected range of disturbance degrees established. Then, in the second stage, ONE SINGLE value from that range has been identified as most representative for each phenomenon at a specific class of location and set forth as the compatibility level for that location class.

The process is illustrated in figure 1, showing how two sets of tables are used: a set of input tables that are phenomena-oriented and establish a range of disturbance degrees for a given phenomenon, and a set of output tables that are location-oriented and propose a table for each class, with one value of compatibility level for each of the phenomena identified in the set of input tables.

The final classification of environments into location classes and corresponding compatibility levels is discussed in clause 7, with specific examples of location classes given in the tables of annex A. The attributes of these location classes are based on the significant electromagnetic characteristics of a location, rather than geographical or structural aspects. For instance, the term “factory” is insufficient to categorize the location: in a factory, different localized conditions such as a computer room, general office space, as well as the manufacturing floor, proper, will be found.

The locations labels of the final classification imply specific definition of significant electromagnetic attributes. Classes of locations other than those listed in annex A may be identified and added to the set as the need arises.

It should be noted that this classification is based on environment data encountered circa 1990 with an acceptable probability factor. The disturbance degrees shown in annex A are offered as examples of compatibility levels for the guidance of product committees, not as normative permitted levels or immunity requirements. Those values are affected by uncertainties, and might not describe extreme environments.

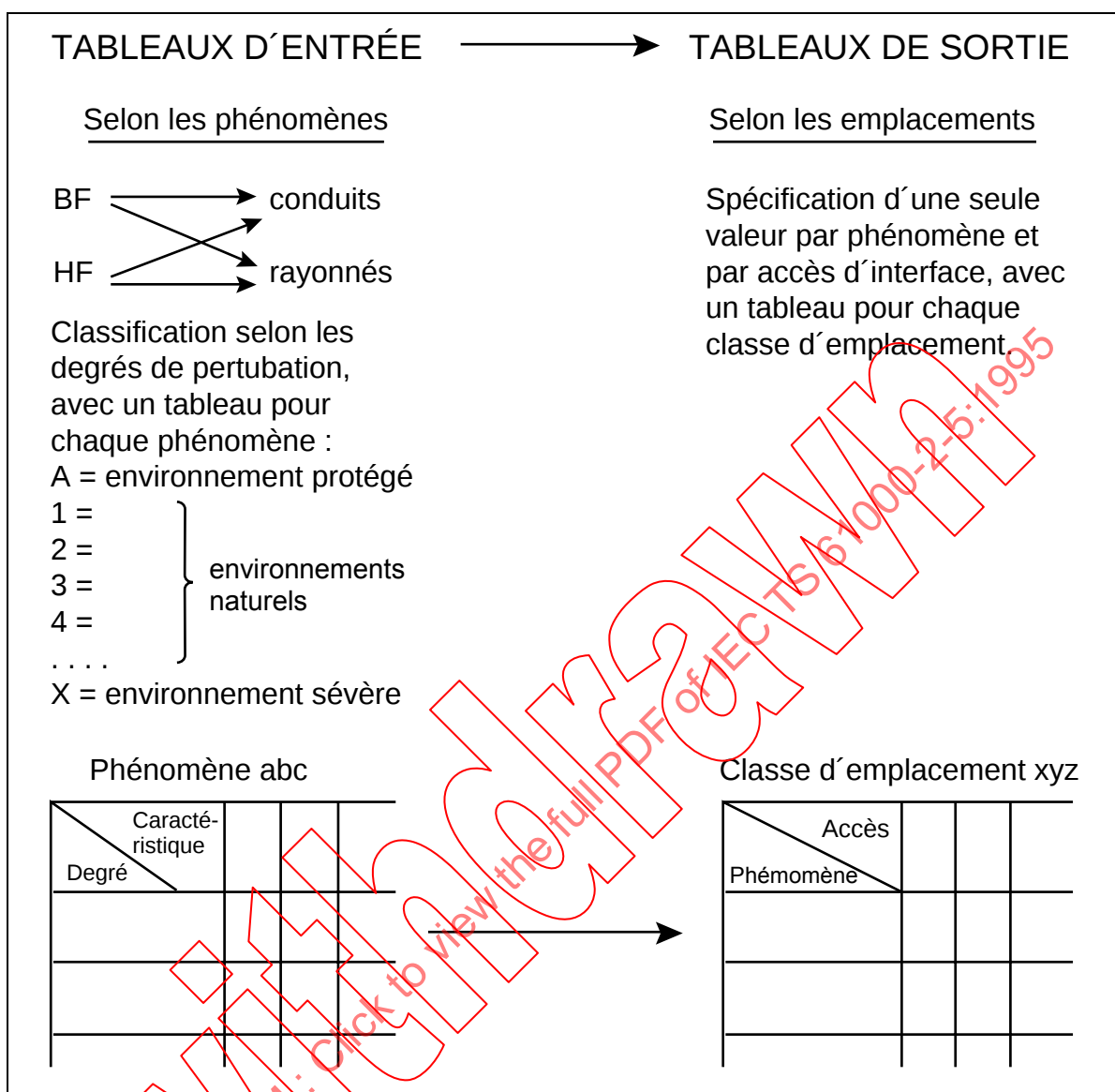


Figure 1 – Schéma de l'approche en deux étapes utilisée pour la classification, avec tableaux d'entrée visant les phénomènes et tableaux de sortie visant les emplacements

2 Définitions

Pour les définitions concernant le sujet général de la compatibilité électromagnétique, voir la CEI 50(161). Pour les besoins de cette section de la CEI 1000-2, les définitions suivantes sont applicables:

Les indications en caractères standards proviennent de la définition de la CEI 50(161), tandis que celles en *italiques* y ont été ajoutées pour les besoins du présent rapport.

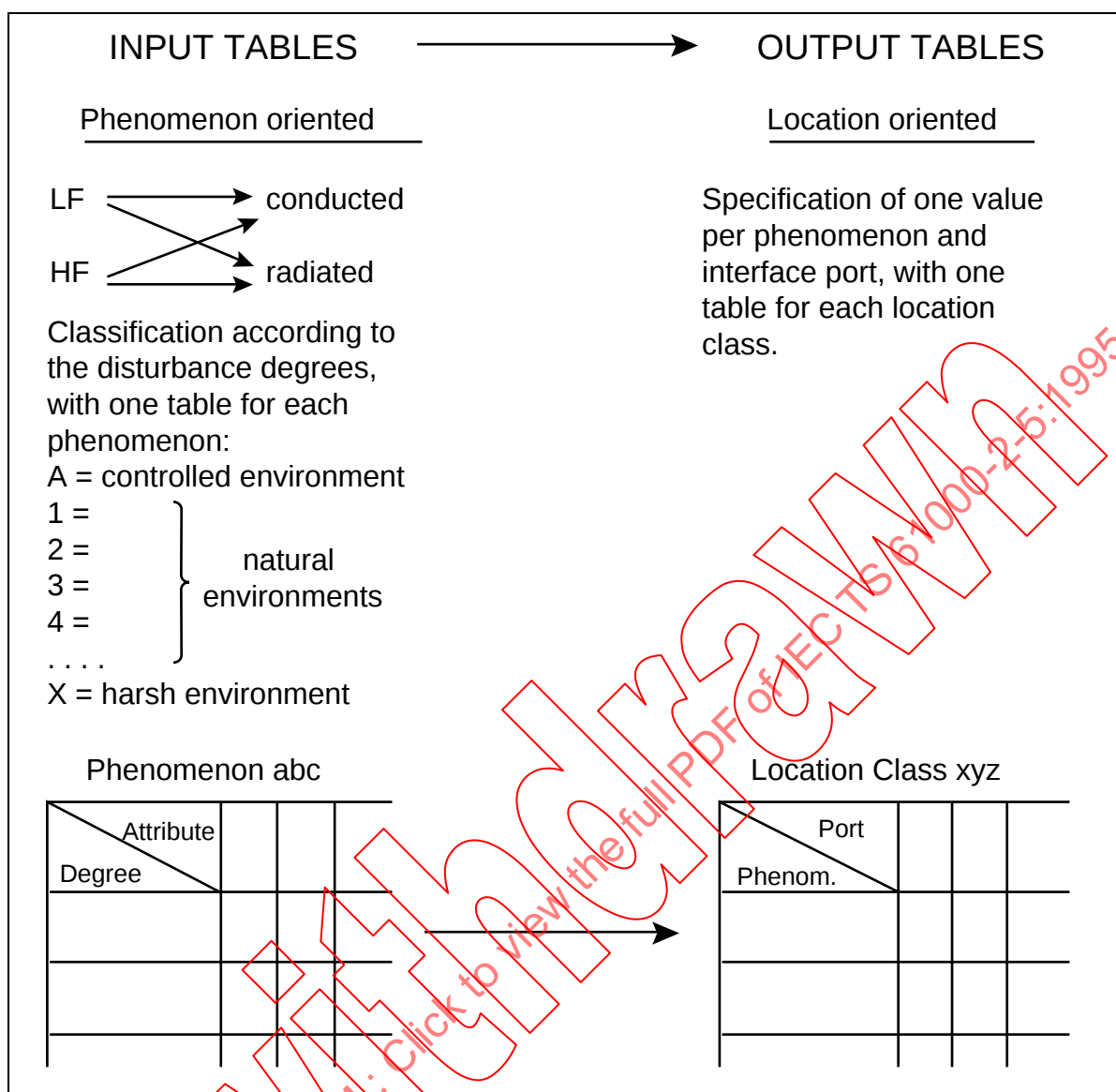


Figure 1 – Schematic of the two-step approach used for classification with phenomenon-oriented input tables and location-oriented output tables

2 Definitions

For definitions related to the general subject of electromagnetic compatibility, see IEC 50(161).

For the purpose of this section of IEC 1000-2, the following definitions apply.

Notes shown in normal characters are part of the IEC 50(161) definition. For the purpose of this report, notes shown in *italic characters* have been added to the definition given in IEC 50(161).

2.1 *Compatibilité électromagnétique: définitions annotées*

2.1.1 niveau de compatibilité (électromagnétique): Niveau maximal spécifié des perturbations électromagnétiques auquel on peut s'attendre que soit soumis un dispositif, un appareil ou un système fonctionnant dans des conditions particulières [161-03-10]

NOTE – En pratique le niveau de compatibilité électromagnétique n'est pas un maximum mais peut être dépassé avec une faible probabilité.

2.1.2 degré de perturbation: Intensité donnée et quantifiée, comprise dans une plage de niveaux de perturbation correspondant à un phénomène électromagnétique particulier rencontré dans l'environnement considéré.

2.1.3 niveau de perturbation: Niveau d'une perturbation électromagnétique donnée, mesurée d'une façon donnée.

2.1.4 compatibilité électromagnétique (CEM): Aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement. [161-01-07, modifié]

NOTE – Pour des raisons de concision, les termes «dispositif, appareil ou système» seront collectivement remplacés par le terme «objet» dans le cadre du présent rapport.

2.1.5 environnement (électromagnétique): Ensemble des phénomènes électromagnétiques existant à un endroit donné. [161-01-01]

NOTES

1 En général, cet ensemble varie en fonction du temps et sa description peut nécessiter une approche statistique.

2 Il est très important de ne pas confondre l'environnement électromagnétique et l'emplacement lui-même.

2.1.6 perturbation (électromagnétique), parasite (électromagnétique): Phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système, ou d'affecter défavorablement la matière vivante ou inerte. [161-01-05]

NOTE – Une perturbation électromagnétique peut être un bruit électromagnétique, un signal indésirable ou une modification du milieu de propagation lui-même.

2.1.7 susceptibilité (électromagnétique): Inaptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique. [161-01-21]

NOTE – La susceptibilité est un manque d'immunité.

2.1.8 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. [161-01-20]

2.1.9 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. [161-03-14]

2.1.10 emplacement (CEM): Lieu ou site repéré par des caractéristiques électromagnétiques distinctives.

2.1.11 classe d'emplacement: Ensemble d'emplacements présentant une propriété commune quant à la nature et la densité des équipements électriques et électroniques utilisés, y compris les conditions d'installation et les influences externes (voir annexe A).

2.1 *Annotated definitions on electromagnetic compatibility*

2.1.1 (electromagnetic) compatibility level: Specified maximum electromagnetic disturbance level expected to be impressed on a device, equipment or system operated in particular conditions. [161-03-10]

NOTE – In practice the electromagnetic disturbance level is not an absolute maximum level but may be exceeded by a small probability.

2.1.2 disturbance degree: Specified, quantified intensity within a range of disturbance levels corresponding to a particular electromagnetic phenomenon encountered in the environment of interest.

2.1.3 disturbance level: Level of a given electromagnetic disturbance, measured in a specified way.

2.1.4 electromagnetic compatibility (EMC): Ability of a device, equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment. [161-01-07, modified]

NOTE – For brevity, instead of repeating the wording "device, equipment or system" the term "item" is used in this report.

2.1.5 (electromagnetic) environment: Totality of electromagnetic phenomena existing at a given location. [161-01-01]

NOTES

- 1 In general, this totality is time-dependent and its description might need a statistical approach.
- 2 It is very important not to confuse the electromagnetic environment and the location itself.

2.1.6 (electromagnetic) disturbance: Any electromagnetic phenomenon which might degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter. [161-01-05]

NOTE – An electromagnetic disturbance might be electromagnetic noise, an unwanted signal or a change in the propagation medium itself.

2.1.7 (electromagnetic) susceptibility: Inability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance. [161-01-21]

NOTE – Susceptibility is a lack of immunity.

2.1.8 immunity (to a disturbance): Ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance. [161-01-20]

2.1.9 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. [161-03-14]

2.1.10 location (EMC): Position or site marked by distinguishing electromagnetic features.

2.1.11 location class: Set of locations having a common property related to the types and density of electrical and electronic equipment in use, including installation conditions and external influences (see annex A).

2.2 Acronymes

ASD	variateur de vitesse (<i>Adjustable Speed Drive</i> , en anglais)
CW	onde entretenue (<i>Continuous Wave</i> , en anglais)
DES	décharge électrostatique
EST	matériel à l'essai
ISM	équipement industriel, scientifique et médical
ATI	appareil de traitement de l'information
IRM	imagerie par résonance magnétique.

3 Guide d'utilisation du présent rapport

3.1 Raison d'être du système de classification

Le but d'un système de classification est de repérer un nombre limité de paramètres et de valeurs associées, susceptibles d'être choisis lors de la détermination d'exigences fonctionnelles. L'intérêt d'un tel système est avant tout économique, dans la mesure où il limite le nombre de variantes des différents matériels produits par un même fabricant. Il permet également de déterminer si des interfaces sont nécessaires.

Le système de classification proposé est assez exhaustif et présente de nombreux phénomènes électromagnétiques. Cela ne signifie pas pour autant que l'immunité d'un dispositif donné doit être contrôlée pour tous ces phénomènes, mais qu'un nombre limité d'entre eux peuvent être choisis selon l'environnement et les caractéristiques inhérentes du dispositif.

3.2 Environnements: phénomènes physiques considérés

L'environnement électromagnétique dans lequel les systèmes électroniques sont censés fonctionner sans interférence est très complexe. Dans le cadre de la présente classification, trois catégories de phénomènes ont été définies pour décrire la totalité des perturbations:

- phénomènes basse fréquence (conduits et rayonnés, quelle que soit leur source, à l'exception des DES);
- phénomènes haute fréquence (conduits et rayonnés, quelle que soit leur source, à l'exception des DES);
- phénomènes de décharges électrostatiques (DES) (conduites et rayonnées).

Cette différenciation est nécessaire à la distinction des milieux dans lesquels se produisent les perturbations électromagnétiques. Sur le plan formel, lorsqu'il est question de l'environnement électromagnétique, c'est en fonction de la longueur d'onde λ de la perturbation considérée que l'on peut qualifier cet environnement de «long ou étendu» ou de «court ou de petite taille». Un système est de petite taille ou une ligne est courte si la longueur d'onde est plus petite que ses dimensions. Dans cette situation, la fréquence est donc basse, puisque cette grandeur est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. Les qualificatifs «étendu», «long» et «haut» s'appliquent lorsque les dimensions sont, par exemple, supérieures à λ . Cependant, dans le contexte du présent rapport, le terme «bas» est employé dès lors que la composante dominante du spectre de fréquence de la perturbation est inférieure à 9 kHz et le terme «haut» s'applique si la fréquence de cette dominante est (nettement) supérieure à 9 kHz.

2.2 Acronyms

ASD	adjustable speed drive (also variable speed drive)
CW	continuous wave
ESD	electrostatic discharge
EUT	equipment under test
ISM	industrial, scientific and medical equipment
ITE	information technology equipment
MRI	magnetic resonance imaging (also nuclear magnetic resonance).

3 User's guide for this report

3.1 Rationale for classification system

The purpose of a classification system is to identify a limited set of parameters and associated values which may be chosen when identifying performance requirements. The purpose of such a system is primarily economic, in that it limits the number of variations in the number of types of equipment which a manufacturer may produce. It also identifies the need (if any) for appropriate interfaces.

The classification system proposed is rather exhaustive, and shows numerous electromagnetic phenomena. It does not necessarily mean that the immunity of a given device shall be tested against all these phenomena, but that a limited set of them may be chosen according to the environment of concern and inherent characteristics of the device.

3.2 Environmental phenomena

The electromagnetic environment in which electronic systems are expected to operate without interference is very complex. For the purpose of this classification, three categories of environmental phenomena have been defined to describe all disturbances:

- low-frequency phenomena (conducted and radiated, from any source except ESD);
- high-frequency phenomena (conducted and radiated, from any source except ESD);
- electrostatic discharge (ESD) phenomena (conducted and radiated).

This distinction is necessary in order to recognize that electromagnetic disturbances occur in a particular medium. Formally, when dealing with the electromagnetic environment, the wavelength λ of the considered disturbance is the gauge for "long or large" and for "short or small". A system is small or a line is short if the wavelength is much greater than its dimensions. Consequently, in that situation the frequency is low, as the frequency is inversely proportional to wavelength. Large, long and high apply when the dimensions are, say, greater than 1. However, in the context of the present report, low means that the dominant part of the frequency spectrum of the disturbance is below 9 kHz and high if it is at frequencies (much) higher than 9 kHz.

Les perturbations rayonnées se produisent dans le milieu environnant l'équipement, tandis que les perturbations conduites se manifestent dans divers milieux métalliques. Le concept d'accès – élément par lequel les perturbations affectent l'équipement – permet de distinguer ces différents milieux: 1) enceinte, 2) alimentation secteur alternative, 3) alimentation secteur continue, 4) lignes de commande et de signal et 5) interface entre un système et la terre ou la référence. Les caractéristiques de la source, du couplage et de la propagation dépendent de la nature du milieu. Les tableaux de sortie de l'annexe A représentent les niveaux de compatibilité pour différentes classes d'emplacement, en fonction des accès correspondants.

3.3 Simplification de la base de données environnement

Il n'est ni possible ni absolument nécessaire de décrire un environnement électromagnétique dans ses moindres détails. Toute description se limite donc à certaines propriétés de cet environnement. Le processus de description doit commencer par la sélection de propriétés électromagnétiques appropriées, correspondant aux différents phénomènes générateurs de perturbations électromagnétiques. Le tableau 1 énumère ces phénomènes. Dans le présent rapport, le seuil entre basse et haute fréquences est généralement fixé à 9 kHz. Cependant, dans le cas d'un type de perturbation qui domine dans une plage de fréquences tout en débordant légèrement sur l'autre plage, ce seuil peut être légèrement déplacé, afin de maintenir le phénomène considéré dans une seule plage descriptive.

Un choix ne peut être approprié que s'il est assorti d'un domaine de validité. Etant donné le nombre des mécanismes de couplage possibles entre un objet et son environnement électromagnétique, il apparaît qu'une évaluation précise du niveau d'immunité requis pour un objet quelconque nécessite davantage d'informations que l'on en possède effectivement sur l'environnement en question. La description des environnements électromagnétiques est donc nécessairement limitée dans sa précision. Ces limitations sont les suivantes:

- certains aspects de l'environnement sont négligés faute d'informations *ad hoc*;
- certains aspects de l'environnement sont négligés parce que leur prise en compte compliquerait indûment le système de classification;
- une approche statistique peut s'avérer nécessaire, afin de ne considérer que les événements dont la probabilité n'est pas trop faible.

Les deux premières limitations sont associées à la sélection du type de perturbation, tandis que l'aspect statistique est pris en compte lors de la définition des classes d'environnement et du choix d'une valeur unique, plutôt que d'une plage de valeurs, pour les niveaux de compatibilité.

Les bases de données disponibles lors de la rédaction du présent rapport montrent la grande variété des perturbations conduites et rayonnées susceptibles de se produire dans les divers environnements où un équipement est utilisé. Une synthèse de ces bases de données peut faciliter l'évaluation de la capacité de ces équipements à supporter ces environnements ou de l'efficacité des moyens d'atténuation, cette évaluation s'effectuant en laboratoire. Cette synthèse aboutit à sélectionner un petit nombre de perturbations représentatives qui rendront ces essais uniformes, significatifs et reproductibles.

Radiated disturbances occur in the medium surrounding the equipment, while conducted disturbances occur in various metallic media. The concept of ports, through which disturbances have an impact on the equipment, allows a distinction among these various media: 1) enclosure; 2) a.c. power mains; 3) d.c. power mains; 4) control/signal lines; 5) interface between systems and earth or reference. The source, the coupling and the propagation characteristics depend on the type of medium. The final tables of annex A show the compatibility levels for various location classes, and are structured along this concept of corresponding ports.

3.3 *Simplification of the environmental database*

It is neither possible nor absolutely necessary to describe completely an electromagnetic environment. Consequently, any description is limited to certain properties of this environment. The first step of a description should be the selection of appropriate electromagnetic properties corresponding to the various phenomena that can create electromagnetic disturbances. Table 1 lists the types of phenomena. In this report, the boundary between low frequency and high frequency is generally understood as being 9 kHz; however, when addressing a type of disturbance prevailing in one frequency range with a small overlap into the other range, the boundary might be slightly shifted to keep the phenomenon within one descriptive range.

An appropriate selection is only valid if its purpose is also specified. Considering the many possible coupling mechanisms between an item and its electromagnetic environment, it becomes apparent that, in order to accurately assess the necessary level of immunity for any item, more information than is available about the environment would be needed. Accuracy of electromagnetic environment descriptions are necessarily limited, as follows:

- some aspects of the environment are disregarded because the information is not available;
- some aspects of the environment are disregarded because a classification system taking them into account would become too complex;
- a statistical approach may be necessary, in order to consider only those events for which the occurrence is likely.

The first two limitations are embedded in the selection of the disturbance types, while the statistical aspect appears in the definition of environment classes and the selection of a single value for compatibility levels, rather than a range of values.

Available databases at the time of elaboration of this report indicate the wide variety of conducted and radiated disturbances that can be expected to occur in the diverse environments encountered in the use of equipment. Evaluation by laboratory tests of the ability of equipment to withstand these environments, or of the effectiveness of mitigation methods, can be facilitated by a synthesis of the database. This synthesis leads to selecting a few representative disturbance phenomena that will make tests uniform, meaningful and replicable.

Tableau 1 – Principaux phénomènes entraînant des perturbations électromagnétiques

Phénomènes basse fréquence conduits – harmoniques, interharmoniques – tensions de signalisation – fluctuations de tension – creux de tension et coupures – déséquilibre de tension – variations de la fréquence d'alimentation – tensions induites à basse fréquence – tension continue dans des réseaux alternatifs
Phénomènes basse fréquence rayonnés – champs magnétiques – champs électriques
Phénomènes haute fréquence conduits – tensions ou courants induits en régime entretenu – transitoires unidirectionnels – transitoires oscillatoires
Phénomènes haute fréquence rayonnés – champs magnétiques – champs électriques – champs électromagnétiques . ondes entretenues . transitoires
Phénomènes de décharges électrostatiques (DES)
Impulsion électromagnétique nucléaire (IEMN) *
* N'est pas envisagée dans le présent rapport.

Pour aider les concepteurs et les utilisateurs de matériels à définir les niveaux des essais d'immunité, la classification ne comporte, pour chacun de ces phénomènes, qu'un seul niveau de compatibilité par classe d'emplacement. Les caractéristiques de chaque phénomène sont présentées sous forme de tableaux à partir desquels un choix peut être fait. Cette approche permet de disposer d'une référence commune pour la spécification des exigences fonctionnelles d'un équipement destiné à différents types d'emplacement, tout en permettant un compromis entre un surdimensionnement trop prudent et une réduction des marges de sécurité pour des raisons d'économie. La formulation des exigences applicables à des équipements déterminés reste du domaine des normes de produit et ne relève donc pas du présent rapport.

L'environnement dans lequel un équipement donné est censé fonctionner dépend de la présence et de la nature des sources de perturbations, ainsi que des conditions d'installation choisies. Les pratiques d'installation types prennent en considération l'atténuation susceptible d'être obtenue par la séparation, le blindage et la suppression du phénomène perturbateur. Il faut donc tenir compte des incidences de ces pratiques au moment de proposer des niveaux de perturbation relatifs à des emplacements spécifiques donnant généralement lieu à diverses pratiques d'installation. Le présent rapport indique un degré représentatif pour les différents types d'installations rencontrés fréquemment dans ces emplacements.

Table 1 – Principal phenomena causing electromagnetic disturbances

Conducted low-frequency phenomena – harmonics, interharmonics – signalling voltages – voltage fluctuations – voltage dips and interruptions – voltage unbalance – power-frequency variations – induced low-frequency voltages – d.c. in a.c. networks
Radiated low-frequency phenomena – magnetic fields – electric fields
Conducted high-frequency phenomena – induced CW voltages or currents – unidirectional transients – oscillatory transients
Radiated high-frequency phenomena – magnetic fields – electric fields – electromagnetic fields . continuous waves . transients
Electrostatic discharge phenomena (ESD)
Nuclear electromagnetic pulse (NEMP) *
* Not considered in this report.

To assist equipment designers and users in making appropriate choices in defining immunity test levels, the classification shows, for each phenomenon, only one compatibility level per class of location. The characterization of each phenomenon is presented in tabular form, from which a selection can be made. This approach gives a common base of reference for specifying performance requirements for an equipment expected to be installed at various types of locations, and yet provides the appropriate degree of compromise between a conservative overdesign and a cost-conscious reduction of margins. The specification of these requirements for specific equipment remains the field of product standards and, therefore, cannot be addressed in the present report.

For a given equipment, the surrounding environment in which it is required to operate results from the presence and nature of disturbance sources, as well as from the installation conditions adopted. Typical installation practices take into consideration the mitigation which can be obtained by separation, shielding and suppression. Therefore, it is important to take into consideration the effect of these practices when suggesting disturbance degrees in specific locations where various installation practices are generally applied. This report assigns a representative degree for the various types of installations likely to be found at those locations.

La liste des degrés de perturbation comprend un degré «A», qui s'applique aux environnements nécessitant une certaine atténuation ou un certain contrôle afin de satisfaire à des exigences précises, et un degré «X» reconnaissant que certaines situations peuvent donner lieu à des conditions exceptionnelles à prendre en compte de façon distincte. Le degré «A» correspond à une situation dans laquelle l'environnement dépend, dans une certaine mesure, de la nature du bâtiment ou des pratiques d'installation inhérentes à un type d'emplacement donné. Le degré «X» correspond à un degré de perturbation supérieur à celui rencontré habituellement.

Comme tout système de classification, celui-ci vaut essentiellement par son caractère général. La présente classification n'ignore pas que tout emplacement spécifié peut donner lieu à des exigences exceptionnelles dont il faut tenir compte lors de la conception d'équipements destinés à une classe donnée. Une catégorie particulière de transitoire de manœuvre, par exemple, peut se produire de façon exceptionnelle dans un type d'emplacement donné. Pour déterminer si le matériel destiné à ce type d'emplacement doit être «immunisé» contre cette perturbation en particulier, il convient de savoir si ses effets sont temporaires (par exemple, une diminution – certes indésirable, mais néanmoins acceptable – de la qualité de réception) ou permanents et rédhibitoires (dommage ou dysfonctionnement d'un équipement ayant des conséquences inacceptables).

Si, et c'est le cas général, un emplacement donné ne donne lieu à aucune exigence fonctionnelle particulière, la procédure se réduit aux aspects suivants:

- a) sélection de la classe d'emplacement appropriée parmi celles définies à l'article 7 et à l'annexe A,
- b) choix de l'immunité requise selon les principes énoncés à l'article 8.

Le présent rapport technique n'a pas pour objet de spécifier l'immunité, mais de permettre à des comités de produit de procéder à ces choix de façon rationnelle, au vu des éléments d'information *ad hoc*. Cependant, il n'est pas destiné à spécifier l'immunité d'équipements. Les informations figurant dans les tableaux ci-après peuvent se rapporter à des conditions d'environnement bien connues, telles que les phénomènes basse fréquence ou, dans d'autres cas, ne sont proposées qu'en tant que niveaux représentatifs pour les besoins de la présente classification.

4 Phénomènes électromagnétiques basse fréquence

4.1 Phénomènes basse fréquence conduits

4.1.1 Harmoniques (≤ 3 kHz)

Les tensions harmoniques sont le résultat de courants harmoniques produits par des charges non linéaires s'écoulant par les impédances du réseau aux fréquences harmoniques et ayant pour effet d'entraîner une chute de la tension. Les contributions en courant et en tension fournies par différentes sources, plusieurs redresseurs à réglage de phase, par exemple, s'ajoutent de façon vectorielle, de sorte que la tension qui en résulte est inférieure ou égale à la somme arithmétique de toutes les contributions. On peut distinguer deux catégories de sources:

- sources peu puissantes présentes en grand nombre sur les réseaux basse tension, et produites par diverses charges électroniques pourvues d'un redresseur en entrée (appareils ménagers, téléviseurs, ordinateurs individuels, etc.);
- sources individuelles puissantes et localisées sur les réseaux basse tension, moyenne tension ou haute tension, provenant de charges industrielles (telles que les variateurs de vitesse), de redresseurs de traction, etc.

The listing of disturbance degrees includes an "A" degree, for an environment where some mitigation or control might be necessary to satisfy specific requirements, and an "X" degree recognizing that in some situations exceptional conditions could prevail that need specific recognition. The "A" degree corresponds to a situation where the environment is somewhat controlled by the nature of the building, or installation practices inherent to a particular type of location. The "X" degree corresponds to a degree of disturbance higher than is generally encountered.

As with any classification scheme, its value lies in its generality. This classification recognizes that there could be exceptional requirements associated with any specified location. The consequences of such an occurrence must be taken into account in designing equipment for operation in a particular classification category. For example, a particular type of switching transient can occur infrequently in some type of location. Whether the equipment should be designed to be "immune" to this particular disturbance depends upon whether its effects are temporary (for instance, a reduction of reception quality that might be acceptable although undesirable), or permanent and unacceptable (equipment damage or misoperation with unacceptable consequences).

If no special performance requirement is expected at a given location, which is the general case, the procedure is reduced to:

- a) selecting the appropriate location class from those defined in clause 7 and annex A;
- b) selecting the required immunity in accordance with the principles stated in clause 8.

The purpose of this technical report is not to specify immunity, but to allow product committees to make a selection on a rational and informed basis, without specifying equipment immunity. Data shown in the following tables are referred to well-known environmental conditions, such as low-frequency phenomena or, in other cases, only proposed as representative levels for classification.

4 Low-frequency electromagnetic phenomena

4.1 Conducted low-frequency phenomena

4.1.1 Harmonics (≤ 3 kHz)

Harmonic voltages are the result of harmonic currents from non-linear loads, flowing through the network impedances at the harmonic frequencies, and causing a corresponding voltage drop. The current and voltage contributions from various sources, such as several phase-controlled rectifiers, add vectorially so that the resulting voltage is less than or equal to the arithmetic sum of all contributions. A distinction can be made between two categories of sources:

- small sources in great number in the low-voltage networks, from a variety of electronic loads with rectifier input (household appliances, TV sets, personal computers, etc.);
- large individual sources on the LV, MV or HV networks, from industrial loads (such as adjustable speed drives), traction rectifiers, etc.

Les sources peu puissantes en grand nombre sont la première cause d'harmoniques dans les réseaux publics de distribution. Les sources importantes jouent un rôle significatif dans les zones industrielles, où elles s'ajoutent aux contributions provenant des zones résidentielles. Le tableau 2 illustre la plage des degrés de perturbation prévisibles pour les harmoniques individuels et pour le taux de distorsion harmonique total (THD) = $[\sum u_n^2]^{1/2}$, où $u_n = U_n/U_1$, en admettant que tous les harmoniques ont peu de chances d'atteindre la valeur correspondante simultanément. L'ajout d'informations concernant les interharmoniques est à l'étude.

Tableau 2 –Plages de degrés de perturbation pour les harmoniques dans les réseaux d'énergie basse tension (en pourcentage de la tension fondamentale)

Degrés de perturbation	THD	Impairs, non multiples de 3								Multiples de 3					Pairs			
		5	7	11	13	17	19	23-25	>25	3	9	15	21	>21	2	4	6-10	>10
A (protégé)	Cas par cas, en fonction des exigences applicables aux équipements																	
1	8	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	*	5	1,5	0,3	0,2	0,2	2	1	0,5	0,2
2	10	8	7	5	4,5	4	4	3,5	**	6	2,5	2	1,7	1	3	1,5	1	1
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation																	
* = 0,2 + 12,5/n (où n correspond au rang de l'harmonique)																		
** = de 3,5 à 1,0 (décroissant à mesure que la fréquence augmente)																		
NOTES																		
1 Le degré A s'applique aux alimentations protégées d'équipements potentiellement sensibles aux harmoniques (éventuellement certains types d'ordinateurs, d'appareils de mesure, de matériels médicaux, etc.).																		
2 Le degré 1 correspond au niveau de compatibilité défini pour les réseaux publics de distribution basse tension (voir CEI 1000-2-2). Ce degré peut également s'appliquer aux réseaux industriels exempts de fortes perturbations (petites et moyennes installations industrielles, locaux commerciaux).																		
3 Le degré 2 s'applique aux réseaux industriels et aux bâtiments à usage commercial de surface importante.																		
4 Le degré X s'applique aux réseaux industriels fortement perturbés (aciéries, etc.).																		
Les valeurs ci-dessus représentent les niveaux qui, conformément à une distribution statistique en fonction du temps, ne sont pas dépassés 95 % du temps aux points les plus exposés d'un réseau. Ils correspondent aux niveaux de compatibilité indiqués dans la CEI 1000-2-2 et la CEI 1000-2-4.																		

4.1.2 Tensions de signalisation dans les réseaux d'énergie

Les réseaux électriques sont conçus pour transporter de l'énergie, mais peuvent aussi servir à transmettre des informations, au moyen de «systèmes de transmission de signaux sur les réseaux électriques». Les normes *ad hoc* envisagent trois types de systèmes:

- les systèmes à marquage d'ordre utilisés par les entreprises d'électricité sur les réseaux publics de distribution dans une plage comprise entre 100 Hz et 3 kHz, mais généralement inférieure à 500 Hz, avec des signaux pouvant atteindre 9 % U_{nom} . Ces systèmes sont utilisés dans certains pays d'Europe et ailleurs;
- les systèmes à courants porteurs sur lignes électriques utilisés par les entreprises d'électricité sur les réseaux publics de distribution, dans une plage comprise entre 3 kHz et 95 kHz, avec des niveaux de signal admissibles pouvant atteindre 2,5 % U_{nom} . Néanmoins, ces signaux sont fortement atténués sur les réseaux (>40 dB). Ces systèmes sont surtout utilisés aux Etats-Unis, mais leur usage se répand dans d'autres pays;

The numerous small sources are the primary cause of harmonics in public distribution networks. Large sources are significant in industrial areas where they add to the contribution coming from residential areas. Table 2 shows the range of disturbance degrees to be expected for the individual harmonics and for the total harmonic distortion factor (THD) = $[\sum u_n^2]^{1/2}$, where $u_n = U_n/U_1$, recognizing the fact that not all harmonics will reach the corresponding value simultaneously. Data concerning interharmonics are under consideration.

**Table 2 – Range of disturbance degrees for harmonics in low-voltage power systems
(in per cent of fundamental voltage)**

Disturbance degrees	THD	Odd (not multiple of 3)									Multiples of 3					Even			
		5	7	11	13	17	19	23-25	>25	3	9	15	21	>21	2	4	6-10	>10	
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements																		
1	8	6	5	3,5	3	2	1,5	1,5	*	5	1,5	0,3	0,2	0,2	2	1	0,5	0,2	
2	10	8	7	5	4,5	4	4	3,5	**	6	2,5	2	1,7	1	3	1,5	1	1	
X (harsh)	Case-by-case according to the situation																		
* = 0,2 + 12,5/n (where n is the order of the harmonic)																			
** = 3,5 to 1,0 (decreasing with increasing frequency)																			
NOTES																			
1 Degree A applies to protected supplies for equipment that may be sensitive to harmonics (possibly some computer types, measurement instruments, medical apparatus, etc.).																			
2 Degree 1 corresponds to the compatibility level defined for low-voltage public distribution networks (see IEC 1000-2-2). It may apply also for slightly disturbed industrial networks (small- and medium-size industrial plants, commercial buildings).																			
3 Degree 2 applies to industrial networks and large commercial buildings.																			
4 Degree X applies to strongly disturbed industrial networks (steel plants, etc.).																			
Above values represent the levels which, according to a statistical distribution over time, are not exceeded in 95 % of the time in the most exposed points of a network. They correspond to the compatibility levels given in IEC 1000-2-2 and IEC 1000-2-4.																			

4.1.2 Signalling voltages in power systems

Power networks are designed for the transmission of energy, but they can also be used for the transmission of information by "mains signalling systems". The relevant standardization documents consider three types of systems:

- ripple control systems used by electric utilities in public distribution networks, in the range of 100 Hz to 3 kHz, generally below 500 Hz, with signals up to 9 % U_{nom} . These systems are used in some countries in Europe and elsewhere;
- power-line carrier systems used by electric utilities in public distribution networks, in the range 3 kHz to 95 kHz, with allowed signal levels up to 2,5% U_{nom} . These signals, however, are strongly attenuated in the network (>40 dB). These systems are used mainly in the USA and are developing elsewhere;

– systèmes de commande pour utilisateurs (résidentiels ou industriels), dans une plage comprise entre 95 kHz et 148,5 kHz en Europe (région 1 de l'UIT) ou 500 kHz aux Etats-Unis et au Japon, avec des niveaux de signal admissibles pouvant atteindre 0,6 % U_{nom} ou 5 % U_{nom} .

Tableau 3 – Plages de degrés de perturbation pour les tensions de signalisation dans les réseaux d'énergie (en pourcentage de la tension nominale)

Degrés de perturbation	Plage de fréquences kHz			
	0,1-3	3-95	95-148,5	148,5-500
A – Réseaux sans signalisation	Cas par cas, en fonction des exigences applicables aux équipements			
1 – Niveau d'émission à proximité de l'émetteur	0,1-0,5 kHz: 5% 0,5-3 kHz: 5% à 1,3%	3-9 kHz: * 9 -95 kHz: 5%	Cas général: 0,6% Zones industrielles: 5%	2-0,6 (mV, pas %)
X – Cas particuliers (résonances)	Cas par cas en fonction de la situation			
* A l'étude.				
NOTES				
1 Degré A: Il pourrait exister des signaux résiduels, produits par couplage à partir de systèmes voisins qui sont susceptibles de comporter des signaux intentionnels. A la différence des autres tableaux, le degré A ne correspond pas, ici, à un environnement protégé. En outre, certains types d'installations peuvent offrir une certaine protection contre ce phénomène perturbateur. En cas de perturbation induite par les réseaux voisins, il peut être nécessaire d'installer des circuits de blocage ou des circuits d'atténuation. 2 Degré 1: Dans la plage comprise entre 0,1 kHz et 3 kHz, les valeurs correspondent aux niveaux d'injection normaux dans des installations réelles. En dehors de cette plage, les valeurs indiquées correspondent au niveau d'injection maximal admissible mesuré sur une impédance de référence. Ces valeurs sont appliquées uniquement en région 1 de l'UIT, d'autres valeurs pourraient être utilisées en région 2 ou 3 de l'UIT. 3 Degré X: En temps normal, les signaux sont plus ou moins atténués lors de leur passage dans le réseau. Cependant, dans certains cas de résonance, ils peuvent être amplifiés. Dans la plage comprise entre 0,1 kHz et 3 kHz, le maximum autorisé est de 9 % U_{nom}.				

4.1.3 Variations de la tension et de la fréquence des réseaux d'énergie

4.1.3.1 Amplitude

La tension d'alimentation sur les réseaux d'énergie à 50/60 Hz peut être victime de différentes perturbations:

a) Fluctuations continues ou intermittentes (relativement rapides et répétées de façon aléatoire) à l'intérieur de la plage normale de fonctionnement, présentant une densité temporelle comprise entre 25 par seconde et une par minute. L'effet le plus désagréable de ces fluctuations consiste en un papillotement des niveaux d'éclairage (concernant surtout les lampes à incandescence à basse puissance), qui suscite une gêne physiologique. Les sources de ces fluctuations sont généralement des charges industrielles telles que des fours à arc (réseau haute tension), des appareils de soudage (réseau basse tension), ainsi que les manœuvres de charges importantes et de batteries de condensateurs. Il convient de distinguer ces fluctuations rapides des variations normales, plus lentes, qui ne peuvent pas être considérées comme relevant de la CEM.

b) Creux de tension (ΔU compris entre 10 % et 99 % de U_{nom}) et coupures brèves ($\Delta U = 100$ % de U_{nom}) d'une durée comprise entre une demi-période et plusieurs secondes. Les coupures d'une durée supérieure à 1 min ne peuvent plus être considérées comme relevant

- signalling systems for end-user premises (residential or industrial), in the range of 95 kHz to 148,5 kHz in Europe (ITU region 1), or 500 kHz in the USA and Japan, with allowed signal levels up to 0,6 % U_{nom} or 5 % U_{nom} .

**Table 3 – Range of disturbance degrees for signalling voltages in power systems
(in per cent of nominal voltage)**

Disturbance degrees	Frequency range kHz			
	0,1-3	3-95	95-148,5	148,5-500
A - Network without signalling	Case-by-case according to the equipment requirements			
1 - Emission level, near to the transmitter	0,1-0,5 kHz: 5 % 0,5-3 kHz: 5% to 1,3 %	3-9 kHz: * 9-95 kHz: 5 %	General: 0,6 % Industrial areas: 5 %	2-0,6 (mV, not %)
X - Special cases (resonances)	Case-by-case according to the situation			
* Under consideration.				
NOTES				
1 Degree A: residual signals might exist, coupled from adjacent systems where intentional signals might be present. For this degree, in contrast with other tables, degree A is not a controlled environment. Furthermore, some types of installations might offer some degree of protection against this disturbance phenomenon. In case of disturbing over-spill from adjacent networks, it might be necessary to install blocking or absorbing circuits. 2 Degree 1: for the range 0,1 kHz to 3 kHz, the values correspond to normal injection levels in actual installations. For the other ranges, the values indicate the maximum allowed injection level measured on a reference impedance. These values are only applied in ITU region 1, and other values might be used in ITU region 2 or 3. 3 Degree X: normally the signals are more or less attenuated in the network. However, in certain cases of resonance the signals may be enhanced. In the range 0,1 kHz to 3 kHz, a maximum of 9 % U_n is allowed.				

4.1.3 Power system voltage and frequency variations

4.1.3.1 Amplitude

The 50/60 Hz power supply voltage amplitude can be the subject of various disturbances.

a) Continuous or randomly repeated and relatively rapid fluctuations within the normal operating range, at a rate of occurrence ranging from 25 per second to one per minute. The most disturbing effect of such fluctuations is a flickering of lighting levels (mainly low-power incandescent lamps) causing physiological discomfort. Sources are generally industrial loads such as arc furnaces (HV network), welding machines (LV network), switching of large loads and capacitor banks. These rapid fluctuations should be differentiated from normal, slow variations that cannot be considered as an EMC issue.

b) Voltage dips (ΔU ranging from 10 % to 99 % of U_{nom}) and short interruptions ($\Delta U = 100$ % U_{nom}) with durations ranging from one half-cycle to several seconds. Interruptions lasting more than 1 min are no longer considered a low-frequency EMC issue, but power supply interruptions. These voltage dips and short interruptions have various origins:

de la CEM en basse fréquence, mais comme des coupures de l'alimentation électrique. Les creux de tension et les coupures brèves peuvent avoir différentes origines:

- courts-circuits dans les réseaux basse tension éliminés par fusion de fusible (quelques millisecondes);
- défauts sur des lignes moyenne tension et basse tension ou sur un autre équipement, suivis ou non d'un réenclenchement automatique (entre 100 ms et 600 ms);
- manoeuvres de fortes charges, en particulier de moteurs et de batteries de condensateurs.

c) Le déséquilibre des tensions se rencontre lorsque les phases d'un système triphasé diffèrent en amplitude ou sont décalées par rapport à leur relation de phase normale ($3 \times 120^\circ$). Le degré de déséquilibre est généralement défini par la méthode des composantes symétriques, qui consiste à calculer le rapport de la composante inverse (ou homopolaire) à la composante directe. Ce déséquilibre est dû à la présence de charges asymétriques ou de fortes charges monophasées (systèmes de traction ou fours monophasés, par exemple).

4.1.3.2 Fréquence

La fréquence du réseau (électrique) est généralement très stable, ses variations étant inférieures à 0,1 Hz. Cependant, en cas de perturbations du réseau, sa plage de fonctionnement peut s'élargir jusqu'à 3 %. Les fortes baisses de fréquence sont la conséquence de perturbations importantes du réseau.

Tableau 4 – Sources et plages de degrés de perturbation pour l'amplitude et la fréquence de la tension dans les réseaux d'énergie

Phénomènes (sources)	Fluctuations de tension dans la plage de fonctionnement normal (pourcentage de U_{nom})	Creux de tension (de 10 % à 99 % U_{nom}) (durée)	Coupures brèves ($>99\% U_{nom}$) (durée)	Déséquilibre de tension U_{neg}/U_{pos} (pourcent)	Variation de la fréquence d'alimentation (pourcent)
Degrés de perturbation					
A (protégé)	Cas par cas, en fonction des exigences applicables aux équipements				
1	≤ 3	< 800 ms	< 600 ms	2	2
2	≤ 10	< 3 s	< 60 s	3	2
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation				

4.1.4 Tensions induites à basse fréquence

Les courants basse fréquence dans des câbles voisins peuvent induire (en fonction, notamment, des courants réels, de la configuration physique, de la nature des câbles et d'autres paramètres) des tensions de mode commun basse fréquence dans des câbles de signal et de commande. L'impédance de couplage varie en fonction de la proximité des câbles et de la longueur sur laquelle ceux-ci sont effectivement parallèles.

- short circuits in LV networks cleared by fuse operation (a few milliseconds);
- faults on MV and HV lines or other equipment, followed or not followed by automatic reclosing (100 ms to 600 ms);
- switching of large loads, especially motors and capacitor banks.

c) Voltage unbalance is a condition of three-phase systems where the phases differ in amplitude or are displaced from the normal phase relationship ($3 \times 120^\circ$). The degree of unbalance is usually defined according to the method of symmetrical components as the ratio of negative (or zero) sequence to the positive sequence component. The unbalance is caused by asymmetrical loads or large single-phase loads such as traction systems or single-phase furnaces.

4.1.3.2 Frequency

The power system frequency is generally very stable, with variations less than 0,1 Hz. During network disturbances, however, it can vary over a wider range, up to 3 %. Large frequency reductions are the consequence of major perturbations in the system.

Table 4 – Sources and range of disturbance degrees for voltage amplitude and frequency in power systems

Phenomena (sources)	Voltage fluctuations with normal operating range (per cent of U_{nom})	Voltage dips (from 10 % to 99 % U_{nom}) (duration)	Short interruptions (>99 % U_{nom}) (duration)	Voltage unbalance U_{neg}/U_{pos} (per cent)	Power frequency variation (per cent)
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements				
1	≤ 3	< 800 ms	< 600 ms	2	2
2	≤ 10	< 3 s	< 60 s	3	2
X (harsh)	Case-by-case according to the situation				

4.1.4 Induced low-frequency voltages

Low-frequency currents in nearby cables might (according to actual currents, physical layout, cable type and other parameters) induce low-frequency common-mode voltages into signal and control cables. The coupling impedance varies with the proximity of the cables, and the effective parallel length.

Tableau 5 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les tensions de mode commun induites à basse fréquence dans les câbles de signal et de commande (V)

Phénomènes (sources) Degrés de perturbation	Câbles de distribution et d'alimentation traversés par des courants à la fréquence du réseau et ses harmoniques en conditions normales de service		Situation de défaut dans le réseau d'énergie ¹⁾
	50 Hz à 1 kHz ²⁾	1 kHz à 20 kHz	50 Hz à 1 kHz
A (protégé)	Cas par cas, en fonction des exigences applicables aux équipements		
1	0,05-1	0,05	100
2	0,15-3	0,15	300
3	0,5-10	0,5	1000
4	1-20	1	3 000 ³⁾
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation		
1) Ces valeurs peuvent être limitées par l'UIT-T ou par d'autres méthodes d'atténuation imposées. 2) Dans la plage considérée, le niveau de perturbation diminue à mesure que la fréquence augmente. 3) Peut être limité par amorçage des distances d'isolement. Des tensions supérieures peuvent se rencontrer sur des circuits de terre isolés.			

Le tableau ci-dessus décrit des tensions induites en mode commun. Des tensions en mode différentiel peuvent aussi se produire et dépendent fortement de la nature du câble et des extrémités.

4.1.5 Tensions continues dans les réseaux alternatifs

A l'étude.

4.2 Phénomènes basse fréquence rayonnés

4.2.1 Champs magnétiques

Les champs magnétiques à la fréquence du réseau à 50/60 Hz peuvent provenir de diverses sources lignes d'énergie voisines, en particulier aériennes, champs parasites émis par des transformateurs ou d'autres appareillages, ou encore des appareils industriels, bureautiques ou domestiques. A proximité de lignes de traction électrique, on rencontre aussi des champs magnétiques à la fréquence ferroviaire. Des champs magnétiques aux fréquences harmoniques ne sont significatifs que dans des cas spéciaux (sous-stations de redressement et appareillages similaires). Leur effet est plus important sur les lignes de signal et de commande que sur les lignes électriques. Le tableau 6 ne tient pas compte des conditions de défaut transitoires sur les réseaux d'énergie.

Table 5 – Sources and range of disturbance degrees for low-frequency, common-mode induced voltages in signal and control cables (V)

Phenomena (sources) Disturbance degrees	Power distribution and mains cables carrying network frequency and harmonics under normal operating conditions		Fault condition in power system ¹⁾
	50 Hz to 1 kHz ²⁾	1 kHz to 20 kHz	50 Hz to 1 kHz
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements		
1	0,05-1	0,05	100
2	0,15-3	0,15	300
3	0,5-10	0,5	1 000
4	1-20	1	3 000 ³⁾
X (harsh)	Case-by-case according to the situation		
1) Values may be limited by ITU-T or other mandated mitigation methods.			
2) Level of disturbance decreases as frequency increases in range shown.			
3) May be limited by sparkover of clearances. On insulated ground circuits, higher voltages might occur.			

The table above describes common-mode induced voltages. Differential-mode voltages may also occur, and are strongly dependent on the type of cable and termination.

4.1.5 DC voltage in a.c. networks

Under consideration.

4.2 Radiated low-frequency phenomena

4.2.1 Magnetic fields

Magnetic fields at the 50/60 Hz power frequency are produced by several sources: nearby power lines, in particular overhead lines; stray fields from transformers or other power system apparatus; and industrial, office and household appliances. In areas where electric traction exists, fields at the railway frequency will also be encountered. Significant magnetic fields at harmonic frequencies appear only in special circumstances (rectifier stations and similar). The effect is more significant for signal and control lines than for power mains. Table 6 does not take into account transient fault conditions occurring in the power systems.

Tableau 6 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les champs magnétiques à basse fréquence (en A/m, courant continu ou valeur efficace)

Phénomènes (sources) Degrés de perturbation	Courant continu ¹⁾	Fréquence ferroviaire 16 2/3 ²⁾	Fréquence du réseau d'énergie 50/60 Hz ³⁾	Harmoniques du réseau d'énergie 0,1-3 kHz ⁴⁾	Sans rapport avec les réseaux d'énergie ⁵⁾
A (protégé)	Cas par cas, en fonction des exigences applicables aux équipements				
1	3	1	3	3/n	0,015
2	10	3	10	10/n	0,05
3	30	10	30	30/n	0,15
4	100	30	100	100/n	0,5
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation				
1) Outre le champ magnétique terrestre compris entre environ 20 A/m et 60 A/m en fonction de l'emplacement, à 1 m au-dessus du sol. 2) A 20 m de la voie. Les champs magnétiques augmentent considérablement à mesure que l'on s'approche des voies. La valeur de 1 A/m à 20 m de distance et à 1 m au-dessus du sol correspond à une motrice d'environ 3 000 kW. 3) Pour les lignes aériennes, mesurées à 1 m au-dessus du sol. Sous le centre de la ligne, le champ magnétique a une gamme d'amplitudes. Pour les environnements domestiques ou commerciaux, mesurés à 0,3 m de la source, l'amplitude du champ magnétique est comprise entre 1 A/m et 10 A/m. 4) Où n correspond au rang de l'harmonique. 5) Quand il y a présence de boucles d'induction audiofréquences, l'amplitude du champ moyen sur une longue période peut être de 0,1 A/m dans la bande 100 Hz-5 kHz (niveau 3), voir la CEI 118-4.					

4.2.2 Champs électriques

Des champs électriques significatifs se produisent sous les lignes électriques aériennes haute-tension et dans les postes. Le facteur de réduction dû aux bâtiments situés sous ces lignes peut être de 10 à 20. Les champs électriques générés par des équipements domestiques sont généralement très faibles.

Table 6 – Sources and range of disturbance degrees for low-frequency magnetic fields (in A/m, d.c. or r.m.s.)

Phenomena (sources) Disturbance degrees	DC ¹⁾	Railway frequency 16-2/3 ²⁾	Power system frequency 50/60 Hz ³⁾	Harmonics of power system 0,1-3 kHz ⁴⁾	Not related to power systems ⁵⁾
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements				
1	3	1	3	3/n	0,015
2	10	3	10	10/n	0,05
3	30	10	30	30/n	0,15
4	100	30	100	100/n	0,5
X (harsh)	Case-by-case according to the situation				
1) In addition to earth magnetic field of about 20 A/m to 60 A/m, depending on location, at 1 m above ground. 2) At 20 m from the track. The fields increase considerably the closer they get to the tracks. 1 A/m at 20 m, 1 m above ground, corresponds to a locomotive of about 3 000 kW. Some types of railway track signalling systems can also give rise to field strengths greater than level 1. 3) For overhead lines, measured at 1 m above ground. Below the centre of the line, the magnetic field has a range of magnitude For household or commercial environments, measured at 0,3 m from the source, the magnetic field has a range of magnitude of 1 A/m to 10 A/m. 4) Where n is the order of the harmonic. 5) Where audiofrequency inductive loops are present, the long-term average field strength in the frequency range 100 Hz to 5 kHz may be 0,1 A/m (level 3), see IEC 118-4.					

4.2.2 Electric fields

Significant electric fields appear under HV overhead power lines and in substations. Buildings located under these lines provide a reduction factor of 10 to 20. Electric fields caused by household equipment are generally very small.

Tableau 7 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les champs électriques basse fréquence (en kV/m, 1 m au-dessus du sol)

Phénomènes (sources) Degrés de perturbation	Lignes à courant continu (transport ou traction)	Lignes 16 2/3 Hz	Lignes 50/60 Hz
A (protégé)	Cas par cas, en fonction des exigences applicables aux équipements		
1	0,1	0,1	≤0,1 ¹⁾
2	1	0,3	≤1 ²⁾
3	10	1,0	≤10 ³⁾
4	20	3,0	≤20 ⁴⁾
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation		
1) Environnement résidentiel, à distance de lignes aériennes. 2) En extérieur, sous des lignes aériennes pouvant atteindre 30 kV et en intérieur, sous des lignes aériennes pouvant atteindre 765 kV. 3) En extérieur, sous des lignes aériennes pouvant atteindre 400 kV. 4) Dans des postes HT pouvant atteindre 400 kV et sous des lignes aériennes pouvant atteindre 765 kV.			

5 Phénomènes électromagnétiques haute fréquence

5.1 Phénomènes haute fréquence conduits

On considère que ce type de perturbation se produit généralement au niveau des conducteurs d'un système, qu'il s'agisse des alimentations électriques (en courant continu ou alternatif) ou des lignes de signal et de commande dont de nombreuses variétés sont présentes dans les équipements modernes. Il arrive fréquemment que ces systèmes soient mis en place par des organismes ou personnes différentes, sans prendre en considération les différences de tension éventuelles entre des ensembles de conducteurs voisins appartenant à des systèmes différents. Du fait de cette omission, il importe de prendre en compte le trajet (ou référence) de couplage à la terre comme constituant un des milieux susceptible d'être perturbé.

Ces perturbations peuvent être divisées en deux catégories principales, chacune caractérisée par une série de paramètres, énumérés ci-après:

- caractéristiques des phénomènes continus (onde entretenue induite):
 - amplitude
 - fréquence
 - modulation
 - impédance de source

$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$ tension et courant
- caractéristiques des phénomènes transitoires (unidirectionnels ou oscillatoires):
 - vitesse de montée
 - durée
 - amplitude
 - spectre
 - densité temporelle
 - fréquence
 - impédance de source
 - potentiel énergétique

$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\}$ tension et courant

**Table 7 – Sources and range of disturbance degrees for low-frequency electric fields
(in kV/m, 1 m above ground)**

Phenomena (sources) Disturbance degrees	DC lines	16 2/3 Hz lines	50/60 Hz lines
	(transmission or traction)		
A (controlled)	Case-by-case according to the requirements		
1	0,1	0,1	≤0,1 ¹⁾
2	1	0,3	≤1 ²⁾
3	10	1,0	≤10 ³⁾
4	20	3,0	≤20 ⁴⁾
X (harsh)	Case-by-case according to the situation		
1) Residential environment, far from overhead lines. 2) Outdoor, below overhead lines up to 30 kV and indoor, below overhead lines up to 765 kV. 3) Outdoor, below overhead lines up to 400 kV. 4) In HV stations up to 400 kV and below overhead lines up to 765 kV.			

5 High-frequency electromagnetic phenomena

5.1 Conducted high-frequency phenomena

This type of disturbance is generally considered as occurring within the set of conductors of a system, either in the power supply mains (a.c. or d.c.), or the signal/control lines of the many types used in modern equipment. A frequent situation is that these systems are implemented by separate organizations or different individuals, without consideration of voltage differences that might occur between physically close conductors of different systems, hence the consideration of ground coupling path (or reference) as one of the media in which a disturbance can occur.

These disturbances can be divided into two major types, each characterized by a set of attributes, as follows.

- Continuous phenomena (induced CW) attributes:
 - amplitude
 - frequency
 - modulation
 - source impedance
- Transient phenomena (unidirectional or oscillatory) attributes:
 - rate of rise
 - duration
 - amplitude
 - spectrum
 - rate of occurrence
 - frequency
 - source impedance
 - energy potential

voltage
and
current

voltage
and
current

Le présent article fournit un tableau détaillé indiquant les degrés définissant l'environnement sur les différents types d'emplacements pour chacune des perturbations conduite, continue ou transitoire, énumérées au tableau 1. Chaque tableau donne les degrés appropriés qui seront retenus pour définir l'environnement existant aux divers types d'emplacements.

5.1.1 Tensions ou courants (ondes entretenues) permanents induits

Les champs électromagnétiques induisent des tensions par rapport à la terre de référence sur les conducteurs qui sont exposés à ces champs. L'amplitude de la tension induite dépend de la longueur du conducteur, de sa hauteur au-dessus du sol, des boucles formées via des capacités parasites et d'autres équipements et d'autres facteurs.

La relation entre le champ électromagnétique et la tension induite est nominale linéaire pour les longueurs supérieures à un sixième de la longueur d'onde. Des effets de résonance se produisent lorsque les dimensions de la boucle tendent vers le quart de la longueur d'onde et ses multiples. Le tableau 8 donne les valeurs des tensions induites et les valeurs correspondantes des courants en mode commun calculés sur la base d'une impédance de 150 Ω par rapport à la terre de référence (l'impédance en mode commun de l'alimentation peut être nettement inférieure à 150 Ω).

Les degrés indiqués dans ce tableau sont valables en l'absence de modulation. Les signaux perturbateurs intervenant en conditions normales sont modulés en amplitude (généralement inférieur à 80 % de modulation) ou en fréquence.

Tableau 8 – Degrés de perturbation des tensions induites en ondes entretenues par rapport à la terre de référence

Degrés de perturbation	10-150 kHz *		0,15-27 MHz		27-150 MHz	
	V	mA	V	mA	V	mA
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements					
1	0,1	0,7	0,3	2	0,3	2
2	1	7	1	7	1	7
3	3	21	3	21	3	21
4	10	70	10	70	10	70
5	30	210	30	210	30	210
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation					
* Certains émetteurs TBF peuvent induire des tensions beaucoup plus élevées dans la plage 10-150 kHz.						

5.1.2 Transitoires

Pour l'objet de la présente classification, les phénomènes haute fréquence ont été répartis en deux groupes selon qu'ils sont unidirectionnels ou oscillatoires. Pour chacun de ces groupes, l'apparition des perturbations est due à plusieurs phénomènes différents (sources).

a) *Décharges oscillatoires*: La fréquence d'oscillation relativement élevée de ces décharges se situe entre moins de 1 kHz (principalement des manœuvres de condensateurs) et plusieurs MHz (principalement des oscillations locales, manœuvres de coupures). Celles tendant vers la limite supérieure du spectre de fréquence ont une énergie limitée, mais elles peuvent présenter des tensions crête élevées. Celles situées dans la partie inférieure du spectre de fréquence peuvent avoir une énergie plus élevée, mais des tensions crête inférieures.

This clause provides a detailed table for each of the conducted disturbances (continuous or transient) listed in table 1. Each table gives appropriate degrees that will be selected for a definition of the environment at the various types of location.

5.1.1 Induced continuous wave (CW) voltages or currents

Electromagnetic fields induce voltages with respect to reference ground on conductors exposed to these fields. The amplitude of the induced voltage depends on the length of the conductor, its height above ground, loops formed by stray capacitances and through other equipment, plus other factors.

The relationship between the field strength and the induced voltage is nominally linear for lengths greater than a sixth of the wavelength. Resonance effects occur when the dimensions of the loop approach a quarter wavelength and multiples thereof. Table 8 gives values of induced voltages and corresponding values of common-mode currents calculated by assuming a characteristic impedance with respect to ground reference of 150 Ω (common-mode impedance of the mains can be much lower than 150 Ω).

The degrees in the table are for unmodulated conditions. Normally occurring disturbance signals are amplitude modulated (typically less than 80 % modulation) or frequency modulated.

Table 8 – Disturbance degrees of induced CW voltages with respect to reference ground

Disturbance degree	10-150 kHz *		0,15-27 MHz		27-150 MHz	
	V	mA	V	mA	V	mA
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements					
1	0,1	0,7	0,3	2	0,3	2
2	1	7	1	7	1	7
3	3	21	3	21	3	21
4	10	70	10	70	10	70
5	30	210	30	210	30	210
X (harsh)	Case-by-case according to the situation					
* Some VLF transmitters can induce considerably higher voltages in the 10-150 kHz range.						

5.1.2 Transients

For the purpose of this classification, high-frequency phenomena have been divided into two groups, unidirectional and oscillatory. For each group, several different phenomena (sources) are responsible for the occurrence of these disturbances.

- a) *Oscillatory surges*: The relatively high frequency of oscillation of these surges ranges from less than 1 kHz (primarily capacitor switching) to several MHz (primarily local oscillations, disconnect switching). Those at the higher end of the frequency range have limited energy deposition capability, but can have high peak voltages. Those at the lower end of the frequency range can have higher energy deposition capability but lower peak voltages.

b) *Décharges de haute énergie*: Les différentes formes d'onde de ces décharges qui sont généralement considérées comme représentant les niveaux de contrainte adaptés associés à des coups de foudre directs sur des systèmes voisins ou à des fusions de fusibles:

- coups de foudre sur des lignes aériennes de distribution;
- surtensions de foudre prenant naissance dans des lignes aériennes et se déplaçant dans des câbles;
- décharges provoquées par une fusion de fusible avec présence d'énergie stockée dans l'inductance du réseau d'énergie.

c) *Décharges très rapides*: Ces décharges interviennent isolément, telles que des décharges électrostatiques (bien que celles-ci puissent comporter une brève succession de plusieurs impulsions isolées), ou des salves associées à une manœuvre de charge locale. L'énergie en cause dans ces deux types de phénomènes est très faible, mais ils peuvent provoquer une perturbation ou un dysfonctionnement graves. Les transitoires en salves sont associées aux phénomènes de formation d'arc sous le terme de «réamorçage de l'arc» ou de «transitoire électrique rapide» (*Electrical Fast transient: EFT*). Des perturbations haute fréquence peuvent également être causées par un claquage du diélectrique.

d) *Perturbations couplées*: Les ondes rayonnées peuvent également être couplées à des systèmes câblés et se propager par cette voie. A un point d'utilisation éloigné du point de couplage, ces perturbations apparaissent alors comme des perturbations conduites, bien qu'elles aient leur origine dans un rayonnement d'énergie. La situation est en fait similaire à celle du transitoire électrique rapide en salves mentionné au point c) ci-dessus.

Pour chaque forme d'onde choisie comme étant l'une des représentations possibles de l'environnement de décharge, il faut impérativement indiquer la tension crête à vide et le courant crête de court-circuit de la source pour que la description soit complète et significative.

Certains tentent parfois de décrire (et de classer) les décharges en termes d'«énergie» pour permettre de choisir le dimensionnement d'un parafoudre de protection. Cependant, cette approche peut constituer une simplification trompeuse car la répartition de l'énergie dans les différents éléments du circuit concernés par une décharge dépend de l'impédance de la source (alimentation en courant alternatif comprise) ainsi que de l'impédance du parafoudre employé. Il est impossible de faire une description isolée, significative et exhaustive d'une décharge en se fondant uniquement sur l'aspect énergétique. L'énergie fournie aux équipements terminaux est certes le facteur-clé, mais elle dépend de la répartition entre la source et la charge (équipement ou parafoudre en dérivation, ou les deux).

Les deux tableaux qui suivent présentent respectivement trois séries d'échelles temporelles ou de plages de fréquences permettant de reconnaître ces différentes origines, et fournissent une description générique de leurs paramètres significatifs. Les degrés de perturbation sont exprimés en fonction de la tension à vide, c'est-à-dire de la tension attendue en conditions types de charge réduite, aucun parafoudre n'étant installé à proximité. Pour les phénomènes qui reflètent la topologie et les modes de couplage de la source du transitoire, les tensions sont indiquées en volts, dans une première approximation, indépendamment de la tension du réseau. Pour les transitoires de manœuvre (condensateurs et élimination de défauts), les transitoires sont directement proportionnels à la tension du réseau et les tensions sont donc données en multiples de la valeur crête de la tension à la fréquence d'alimentation.

b) *High-energy surges*: The various waveforms of these surges are generally accepted as representing appropriate stress levels associated with nearby direct lightning discharges or fuse operation:

- lightning surges on overhead distribution systems;
- lightning surges originating on overhead lines and travelling in cables;
- surges generated by fuse operation involving trapped energy in the power system inductance.

c) *Very fast surges*: These surges occur as single events such as electrostatic discharges (although these might involve a brief sequence of several single pulses), or as bursts associated with local load switching. Both involve very little energy but are capable of producing serious interference or upset. The transient bursts have been associated with arcing phenomena under the label of "showering arc" or "electrical fast transient" (EFT). Dielectric breakdown is also a source of high-frequency disturbances.

d) *Coupled disturbances*: Radiated waves can also be coupled into wiring systems and propagate further into the system; at a point of use far away from the point of coupling, these disturbances then appear as conducted disturbances, although their origin is radiated energy. This situation is actually that of the burst EFT mentioned in c) above.

For each waveshape selected as one of the possible representations of the surge environment, the peak open-circuit voltage and the peak short-circuit current of the source shall be stated to provide a complete and meaningful description.

Occasionally, attempts are made to describe (classify) surges in terms of "energy" to help select the rating of a candidate surge-protective device. However, this concept can be a misleading oversimplification because the energy distribution among the circuit elements involved in a surge event depends on the impedance of the source (including the a.c. mains) as well as on the impedance of the surge-protective device called upon to divert the surge. There is no independent, meaningful, self-contained description of a surge in terms of energy alone. The energy delivered to the end equipment is the significant factor, but it depends on the distribution between the source and the load (equipment or surge-diverting protective device, or both).

The following two tables are structured with three sets of time scale or frequency range to recognize these diverse origins and provide a generic description of their significant attributes. The disturbance degrees are expressed as open-circuit voltages, meaning the voltage expected under typical light-load conditions, without any nearby surge-protective device. For phenomena that reflect the wiring geometry and coupling modes of the transient source, the voltages are shown in volts, in a first approximation, independently of the system voltage. For the switching transients (capacitor and fault clearing), the transients are directly proportional to the system voltage and, therefore, the voltages are shown as multiples of the peak value of the power-frequency voltage.

Tableau 9 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les transitoires unidirectionnels conduits dans les réseaux d'énergie basse tension en courant alternatif

Caractéristiques des phénomènes et degrés de perturbation	Echelle de temps des transitoires unidirectionnels			
	Nanosecondes	Microsecondes		Millisecondes
Source typique	Amorçage entre contacts ¹⁾	Foudre < 1 km ¹⁾	Foudre > 1 km ¹⁾	Fusible ²⁾
Temps de montée ³⁾	5 ns	1 µs	10 µs	0,1 ms
Durée ⁴⁾	50 ns	50 µs	1000 µs	1 ms
Densité temporelle	Salves	Multiple	Multiple	Rare
Durée de l'événement ⁵⁾	ms	ms	s	Evénement isolé
Impédance de la source	50 Ω	1-10 Ω	20-300 Ω	0,2-2 Ω
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements			
1	0,5 kV	1 kV	0,5 kV	Néant
2	1 kV	2 kV	1 kV	0,5 U _{crête}
3	2 kV	4 kV	1,5 kV	1,0 U _{crête}
4	4 kV	8 kV	2 kV	2,0 U _{crête}
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation			

1) Les valeurs indiquées correspondent à la tension à vide (c'est-à-dire aucune charge importante connectée à la survenance du phénomène et aucun parafoudre installé dans le système) pour les émetteurs d'une tension efficace de 120-690 V. Ces valeurs reflètent l'origine externe et les mécanismes de couplage de ces transitoires qui sont indépendants de la tension du système. Il s'agit de courants véhiculés par les conducteurs électriques dans le bâtiment, et non du courant de foudre à l'extérieur. Un coup de foudre direct sur le bâtiment peut induire des courants plus importants dans les conducteurs électriques.

2) Les valeurs indiquées correspondent à la tension à vide pour les transitoires se manifestant à la crête de l'onde sinusoïdale à la fréquence d'alimentation, ajoutée à la tension à la fréquence d'alimentation. Créés à l'intérieur du bâtiment, ces transitoires sont proportionnels à la tension du système.

3) Temps de montée initial du transitoire.

4) Valeur maximale à la moitié du maximum de chaque transitoire pris séparément.

5) Les indications correspondent à l'ordre de grandeur de la durée totale d'un événement comprenant des transitoires multiples.

Table 9 – Sources and range of disturbance degrees for conducted unidirectional transients in low-voltage a.c. power systems

Phenomena attributes and disturbance degrees	Unidirectional transients time-scale			
	Nanoseconds	Microseconds		Milliseconds
Typical source	Contact arcing ¹⁾	Lightning <1 km ¹⁾	Lightning >1 km ¹⁾	Fuse operation ²⁾
Rise time ³⁾	5 ns	1 μs	10 μs	0,1 ms
Duration ⁴⁾	50 ns	50 μs	1000 μs	1 ms
Rate of occurrence	Bursts	Multiple	Multiple	Rare
Duration of event ⁵⁾	ms	ms	s	Single
Source impedance	50 Ω	1-10 Ω	20-300 Ω	0,2-2 Ω
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements			
1	0,5 kV	1 kV	0,5 kV	None
2	1 kV	2 kV	1 kV	0,5 U _{peak}
3	2 kV	4 kV	1,5 kV	1,0 U _{peak}
4	4 kV	8 kV	2 kV	2,0 U _{peak}
X (harsh)	Case-by-case according to the situation			

1) Values shown are open-circuit voltages (that is, no large loads connected at the time of occurrence, nor any surge-protective devices installed in the system) for 120-690 V rms power systems. They reflect the external origin and the coupling mechanisms of these transients, which are independent of the system voltage. These are currents carried by the power conductors in the building, not the external lightning current; a direct strike to the building may cause larger currents in the power conductors.

2) Values shown are open-circuit voltages for transients occurring at the peak of power-frequency sine wave, added to the power-frequency voltage. These transients, which are internally generated, are essentially proportional to the system voltage.

3) Initial rise time of the transient.

4) Full width at half maximum of the individual transient.

5) The order of magnitude for the total duration of an event with multiple transients is expressed in the units shown.

Tableau 10 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les transitoires oscillatoires conduits dans les réseaux d'énergie en courant alternatif à basse tension

Caractéristiques des phénomènes et degrés de perturbation	Plage de fréquences des transitoires oscillatoires		
	Haute fréquence 0,5-5 MHz	Moyenne fréquence 5-500 kHz	Basse fréquence 0,2-5 kHz
Source typique	Réponse locale d'un système à une perturbation impulsionnelle ¹⁾	Réponse d'un bâtiment à une perturbation impulsionnelle ¹⁾	Manoeuvre d'un condensateur ²⁾
Temps de montée ³⁾	50 ns	0,5 µs	1,5 µs
Durée ⁴⁾	5 µs	20 µs	3 ms
Densité temporelle	Phénomène fréquent	Phénomène occasionnel	Phénomène peu fréquent
Impédance de la source	50-300 Ω	10-50 Ω	10-50 Ω
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements		
1	0,5 kV	1,0 kV	0,5 $U_{crête}$
2	1,0 kV	2,0 kV	1,0 $U_{crête}$
3	2,0 kV	4,0 kV	2,0 $U_{crête}$
4	4,0 kV	6,0 kV	3,0 $U_{crête}$
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation		

1) Les valeurs indiquées correspondent à la tension à vide (c'est-à-dire aucune charge importante connectée à la survenance du phénomène et aucun parafoudre installé dans le système) pour les émetteurs d'une tension efficace de 120-690 V. Ces valeurs reflètent l'origine externe et les mécanismes de couplage de ces transitoires, qui sont, pour l'essentiel, indépendants de la tension du système.

2) Les valeurs indiquées correspondent à la tension à vide pour les transitoires se manifestant à la crête de l'onde sinusoïdale à la fréquence d'alimentation, y compris la tension à la fréquence d'alimentation. Créés à l'intérieur de l'équipement, ces transitoires sont, pour l'essentiel, proportionnels à la tension du système.

3) Temps de montée initial de la première partie du transitoire.

4) Valeur maximale à la moitié du maximum de l'enveloppe du transitoire.

5.2 Phénomènes haute fréquence rayonnés

La description des environnements électromagnétiques rayonnés est fondée sur l'évaluation de trois types de phénomènes, chacun constituant une catégorie de formes d'ondes ayant en commun un domaine de caractéristiques temporelles ou de fréquences comme suit:

- perturbations oscillatoires rayonnées (onde entretenue);
- perturbations (transitoires) impulsionnelles rayonnées;
- perturbations rayonnées non cohérentes ¹⁾.

Chacun de ces types présente des formes d'onde relativement similaires, ce qui permet de les caractériser par un nombre limité de paramètres. Un phénomène électromagnétique donné peut appartenir à un seul type ou être considéré comme la superposition de plusieurs formes d'onde appartenant à différents types.

¹⁾ Dans l'impossibilité de trouver un accord sur la quantification de ce type de perturbations, le sujet n'a pas été retenu dans le présent rapport.

Table 10 – Sources and range of disturbance degrees for conducted oscillatory transients in low-voltage a.c. power systems

Phenomena attributes and disturbance degrees	Ringing transients frequency range		
	High frequency 0,5-5 MHz	Medium frequency 5-500 kHz	Low frequency 0,2-5 kHz
Typical source	Local system response to impulsive disturbance ¹⁾	Building response to impulsive disturbance ¹⁾	Capacitor switching ²⁾
Rise time ³⁾	50 ns	0,5 μs	1,5 μs
Duration ⁴⁾	5 μs	20 μs	3 ms
Rate of occurrence	Frequent	Occasional	Infrequent
Source impedance	50-300 Ω	10-50 Ω	10-50 Ω
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements		
1	0,5 kV	1,0 kV	0,5 U_{peak}
2	1,0 kV	2,0 kV	1,0 U_{peak}
3	2,0 kV	4,0 kV	2,0 U_{peak}
4	4,0 kV	6,0 kV	3,0 U_{peak}
X (harsh)	Case-by-case according to the situation		

1) Values shown are open-circuit voltages (that is, no large loads connected at the time of occurrence, nor any surge-protective devices installed in the system) for 120-690 V r.m.s. power systems. They reflect the external origin and the coupling mechanisms of these transients, which are essentially independent of the system voltage.

2) Values shown are open-circuit voltages, for transients occurring at the peak of power-frequency sine wave, including the power-frequency voltage. These transients, which are internally generated, are essentially proportional to the system voltage.

3) Initial rise time of the first part of the transient.

4) Full width at half maximum of the envelope of the transient.

5.2 Radiated high-frequency phenomena

The description of radiated electromagnetic environments is based on the evaluation of three types of phenomena, each being a category of waveforms sharing some common time-domain or frequency-domain properties, as follows:

- radiated (continuous wave) oscillatory disturbances;
- radiated (transient) pulsed disturbances;
- non-coherent radiated disturbances ¹⁾.

Each type contains waveforms that can be reasonably well characterized with a limited number of parameters, thanks to their similarity. A given electromagnetic phenomenon might belong to only one type, or be considered as the superposition of several waveforms belonging to different types.

¹⁾ Consensus was not reached on quantifying this type of disturbance, and the subject is not addressed in this report.

Il est possible de décrire avec une précision acceptable un environnement électromagnétique rayonné donné à l'aide de cette typologie et en prenant en compte l'impédance d'onde (effets de champ proche et de champ lointain). Les paragraphes qui suivent fournissent la définition de chaque type, les degrés de perturbations étant donnés dans les tableaux. Il a été jugé intéressant de diviser cette réalité unique que constitue l'environnement électromagnétique rayonné sur un site donné en plusieurs types car l'action des différents types sur l'objet peut avoir des mécanismes et des conséquences différentes.

5.2.1 Perturbations oscillatoires permanentes rayonnées

Ces perturbations, intervenant isolément ou non, peuvent dans certains cas provoquer un couplage fort avec l'objet en raison d'une sélectivité voulue ou d'un mécanisme de couplage résonnant non intentionnel. Pour les besoins de ce rapport, les perturbations oscillatoires rayonnées sont les perturbations rayonnées dont 90 % au moins de la puissance moyenne se situe dans un intervalle spectral $[f_{\min}, f_{\max}]$ pouvant être calculé de façon approximative par l'équation suivante: $f_{\max}/f_{\min} \leq 1,2$. Les valeurs rencontrées dans la pratique dépendent pour une large mesure de la distance entre la victime et la source. Pour plus d'informations, voir l'annexe B.

Tableau 11 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les perturbations oscillatoires rayonnées (en V/m, valeur efficace)

Phénomènes (sources) Degrés de perturbation	9 kHz à 27 MHz, toutes sources	Bande 27 MHz, CB (citizen band)	Radio amateurs, toutes bandes	27 MHz à 1 000 MHz, portatif sauf CB	27 MHz à 1 000 MHz, mobile sauf CB	27 MHz à 1 000 MHz, sauf CB, portatif et mobile	1 000 MHz à 40 GHz, toutes sources
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements						
1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3
4	10	10	10	10	10	10	10
5	30	30	30	30	30	30	30
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation						

5.2.2 Perturbations impulsionnelles rayonnées

Les perturbations impulsionnelles (transitoires) rayonnées qui nous intéressent sont celles qui, malgré leur brièveté, peuvent exercer une influence sur l'objet en raison de l'importance de leur vitesse instantanée de montée. En fait, les impulsions réelles présentent des formes d'onde très complexes, qui ne sont parfois que partiellement connues du fait de la largeur de bande limitée des instruments de mesure.

Les valeurs rencontrées dans la pratique dépendent pour une large part de la distance entre la victime et la source (voir l'annexe B pour plus d'informations). Etant donné que le phénomène comporte le couplage d'un champ aux circuits des équipements, la dérivée, ou le temps de montée de l'impulsion, ainsi que la durée du front, en constituent les caractéristiques significatives.

A given radiated electromagnetic environment can be described with an acceptable accuracy, by using these three types, and also considering the wave impedance (near-field and far-field effects). The definition of each type is given in the following subclauses, with tables showing disturbance degrees. The rationale for splitting a single reality – the radiated electromagnetic environment at a given location – into several types, is that the action of different types on the item can have different mechanisms and different consequences.

5.2.1 Radiated continuous oscillatory disturbances

These disturbances, occurring as single or multiple events, can strongly couple with the item, because of an intentional selectivity, or because of an unintentional resonant coupling mechanism. For the purpose of this report, radiated oscillatory disturbances are the radiated disturbances for which at least 90 % of the average power is contained in a $[f_{\min}, f_{\max}]$ spectral interval, which can be approximated by the following condition: $f_{\max}/f_{\min} \leq 1,2$. The values encountered in practice strongly depend on the distance between victim and source. See annex B for more information.

**Table 11 – Sources and range of disturbance degrees
for radiated oscillatory disturbances (in V/m, r.m.s.)**

Phenomena (sources)	9 kHz to 27 MHz, any source	27 MHz band, CB (citizen band)	Amateur radio, all bands	27 MHz to 1 000 MHz, portable except CB	27 MHz to 1 000 MHz, mobile except CB	27 MHz to 1 000 MHz, except CB, portable and mobile	1 000 MHz to 40 GHz, all sources
Disturb- ance degrees							
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements						
1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3
4	10	10	10	10	10	10	10
5	30	30	30	30	30	30	30
X (harsh)	Case-by-case according to the situation						

5.2.2 Radiated pulsed disturbances

Pulsed (transient) radiated disturbances of interest are those which might, despite a short duration, have an influence on the item, because of their important instantaneous rate of rise. In fact, real pulses exhibit very complicated waveforms, which sometimes are only partially known because of the limited bandwidth of measurement tools.

The values encountered in practice strongly depend on the distance between victim and source (see annex B for more information). Because the phenomenon involves coupling of a field into the equipment circuits, the derivative, or rate of rise of the pulse, and the front duration are the significant attributes of the phenomenon.

Pour les besoins du présent rapport, les perturbations *impulsionnelles* rayonnées sont les perturbations rayonnées d'une durée ne dépassant pas 200 ms et dont la polarité ne s'inverse pas plus de 10 fois pendant cette durée (pour plus de détails, consulter l'annexe C).

Tableau 12 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les perturbations impulsionnelles rayonnées (en vitesse de montée)

Caractéristiques des phénomènes	A champ ouvert	Postes sous enveloppe métallique	Postes en champ libre	Sous des lignes aériennes
Source typique	Coup de foudre au sol *	Sectionnement	Sectionnement	Surintensités de foudre conduites et sectionnement
Temps de montée	100-500 ns	10 ns	100 ns	1 µs
Degrés de perturbation	$(V\ m^{-1}\ ns^{-1})^{**}$	$(V\ m^{-1}\ ns^{-1})^{***}$	$V\ m^{-1}\ ns^{-1}^{***}$	$V\ m^{-1}\ ns^{-1}^{***}$
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements			
1	30	100	30	3
2	100	300	100	10
3	300	1000	300	30
4	1000	3000	1000	100
5	3000	10 000	3000	300
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation			

* A une distance supérieure à une cinquantaine de mètres. A moindre distance, il devient impossible de négliger le couplage inductif. Cette question est encore à l'étude.

** L'amplitude du degré de perturbation dépend de la distance et de la raideur du coup de foudre. L'écran constitué par les structures métalliques, les bâtiments et le profil du terrain doit normalement réduire cette amplitude.

*** L'amplitude de la perturbation est très largement dépendante de la distance par rapport à la source. Elle dépend également de l'amplitude du phénomène source, qui est globalement proportionnel à la tension de service du système. Ce fait est généralement compensé par la nécessité de conserver des distances supérieures à partir des sources dont la tension de service est plus élevée. Cette dernière situation ne s'applique pas aux postes sous enveloppe métallique.

6 Décharge électrostatique

Une décharge électrostatique (DES) se produit lorsqu'une personne ou un objet chargé électriquement s'approche d'une autre personne ou d'un autre objet. Le récepteur de la DES est d'abord soumis au champ électrique associé à la charge, puis, lorsque survient la rupture du diélectrique, il se produit une décharge avec un courant transitoire d'une nature complexe qui provoque la formation d'un champ électromagnétique transitoire. Le phénomène de la décharge électrostatique est dans une large mesure lié à l'humidité relative et à la température ambiantes, à la nature des diélectriques environnants, etc.

6.1 Courants de DES

Au tableau 13 sont présentées les valeurs que prend la vitesse de montée du courant associé à la décharge, cette vitesse constituant le paramètre significatif dans la formation de champs perturbateurs. Le tableau indique également la tension de la charge avant décharge, qui constitue un paramètre significatif du potentiel d'échange d'énergie et de l'amplitude du courant.

For the purpose of this report, *pulsed* radiated disturbances are the radiated disturbances which do not last for more than 200 ms, and which do not change polarity more than 10 times for their duration (further information is given in annex C).

Table 12 – Sources and range of disturbance degrees for radiated pulsed disturbances (rate of rise)

Phenomena attributes	Open field	Gas-insulated substations	Open-air substations	Below overhead lines
Typical source	Lightning strike to ground *	Disconnect switch	Disconnect switch	Conducting lightning surges and switching operations
Rise time	100-500 ns	10 ns	100 ns	1 μs
Disturbance degrees	(V m ⁻¹ ns ⁻¹)**	(V m ⁻¹ ns ⁻¹)*****	V m ⁻¹ ns ⁻¹ ***	V m ⁻¹ ns ⁻¹ ***
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements			
1	30	100	30	3
2	100	300	100	10
3	300	1 000	300	30
4	1 000	3 000	1 000	100
5	3 000	10 000	3 000	300
X (harsh)	Case-by-case according to the situation			
* At a distance greater than about 50 m. For shorter distances, inductive coupling cannot be disregarded. This matter is still under study. ** The amplitude of the disturbance degree depends on the distance and the steepness of the lightning strike. The shielding offered by metallic structures, buildings and terrain profile can be expected to be effective in reducing the amplitude. *** The amplitude of the disturbance is very much dependent on the distance from the source. It also depends on the amplitude of the source phenomenon, which is roughly proportional to the operating voltage of the system. This fact is generally compensated by the need to keep, for insulation requirements, greater distances from sources operating at higher voltages. The latter situation does not apply to gas-insulated substations.				

6 Electrostatic discharge

Electrostatic discharge (ESD) occurs as a result of a charged person or object approaching another person or object. The ESD receptor is first subjected to the electric field associated with the charge, then, when dielectric breakdown occurs, there is a discharge with transient current of a complex nature that gives rise to a transient electromagnetic field. The ESD phenomenon is strongly dependent on ambient humidity, temperature, nature of surrounding dielectrics, etc.

6.1 ESD currents

Table 13 shows the values of the rate of current rise associated with the discharge, the significant attribute in producing disturbing fields. This table also shows the charge voltage before discharge, a significant attribute in the potential for energy exchange, as well as current amplitude.

Il n'existe pas de corrélation stricte entre les valeurs de la tension de la charge et les vitesses de montée du courant indiquées dans ce tableau. En effet, d'autres caractéristiques de la DES peuvent en influencer les conséquences.

Tableau 13 – Sources et plages de degrés de perturbation pour les décharges électrostatiques (DES)

Source de DES	Lente		Rapide	
Temps de montée	5 ns		0,3 ns	
Durée	15 ns		2 ns	
Densité temporelle	phénomène isolé		phénomène isolé	
Nombre d'événements	*		*	
Source – résistance	100-500 Ω **		100-500 Ω **	
– capacité	100-500 pF ***		100-500 pF ***	
Caractéristique significative	(A/ns)	(kV)	(A/ns)	(kV)
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements			
1	–	–	–	<1
2	25	–	25	2
3	40	–	40	4
4	80	8	80	8
5	100	15	–	–
6	–	30	–	–
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation			

* Dépend du nombre de personnes présentes dans la zone concernée.

** Dépend de la source: outil à main, main nue, mobilier.

*** Dépend de l'isolation de la personne concernée ou de la taille du mobilier.

6.2 Champs produits par les courants de DES

Le tableau 14 présente les valeurs des gradients de champs électriques et magnétiques transitoires externes au récepteur, mesurés à une distance de 0,2 m de la décharge. Pour plus de détails, voir l'annexe C.

Tableau 14 – Plages de degrés de perturbation pour les gradients de champ dus à des décharges électrostatiques (DES)

Perturbation	$V\ m^{-1}\ ns^{-1}$	$A\ m^{-1}\ ns^{-1}$
A (protégé)	Cas par cas en fonction des exigences applicables aux équipements	
1	250	2
2	500	4
3	1 000	8
4	2 000	16
X (sévère)	Cas par cas en fonction de la situation	

There is no strict correlation between the values of charge voltage and the rates of rise of current given in the table, because other characteristics of the ESD event can influence the outcome.

Table 13 – Sources and range of disturbance degrees for ESD

ESD source		Slow		Fast	
Rise time		5 ns		0,3 ns	
Duration		15 ns		2 ns	
Rate of occurrence		Single		Single	
Frequency of occurrence		*		*	
Source		100-500 Ω **		100-500 Ω **	
– resistance					
– capacitance		100-500 pF ***		100-500 pF ***	
Significant attribute		(A/ns)	(kV)	(A/ns)	(kV)
A (controlled environment)		Case-by-case according to the equipment requirements			
1		-	-	-	<1
2		25	-	25	2
3		40	-	40	4
4		80	8	80	8
5		100	15	-	-
6		-	30	-	-
X (harsh environment)		Case-by-case according to situation			
* Depends on the number of persons in the area.					
** Depends on the source: hand tool, bare hand, furniture.					
*** Depends on individual's isolation or size of furniture.					

6.2 Fields produced by ESD currents

Table 14 shows the values of transient electric and magnetic fields gradients external to the receptor, measured at a distance of 0,2 m from the discharge. See annex C for further information.

Table 14 – Range of disturbance degrees for field gradients caused by ESD

Disturbance	$V\ m^{-1}\ ns^{-1}$	$A\ m^{-1}\ ns^{-1}$
A (controlled)	Case-by-case according to the equipment requirements	
1	250	2
2	500	4
3	1 000	8
4	2 000	16
X (harsh)	Case-by-case according to the situation	

7 Classification des environnements

7.1 Types d'emplacements

Les tableaux de sortie de l'annexe A présentent un ensemble de recommandations en vue de sélectionner des degrés de perturbation relatifs aux divers phénomènes électromagnétiques censés être significatifs dans les classes d'emplacement indiquées. Les degrés de perturbation retenus constituent donc des niveaux de compatibilité. Ces recommandations sont destinées à faciliter la prise de décision des comités de produit. Elles ne constituent pas des spécifications de produit, d'où le caractère informatif donné à l'annexe A où elles sont regroupées.

De plus, il convient également d'admettre que les degrés de perturbation en conditions réelles et les niveaux d'immunité des équipements résultent de considérations probabilistes. Il est donc impossible de définir des seuils précis. En fait, la compatibilité entre l'environnement censé correspondre au niveau de compatibilité assigné et un équipement spécifique implique la composition de deux courbes de probabilités. On ne soulignera jamais assez l'importance de cette question. Dans la description des caractéristiques d'un emplacement donné, certaines caractéristiques sont exprimées comme l'exclusion d'un niveau spécifique de perturbation. Si cette exclusion n'est pas satisfaite, il convient alors de choisir un degré de perturbation plus élevé.

7.2 Perturbations incidentes et accès des équipements

Les perturbations électromagnétiques affectent les équipements par rayonnement ou par conduction. A cet égard, il est judicieux de considérer un ensemble d'accès (comme le montre la figure 2), par lesquels les perturbations entrent (ou sortent) de l'équipement concerné. La nature et le degré des phénomènes parasites dépendant du type d'accès, cet effet est pris en compte dans les tableaux de sortie. Les perturbations électromagnétiques rayonnées affectent les équipements à partir de sources proches ou lointaines, si bien que la propagation et le couplage peuvent être régies par les caractéristiques de champ proche ou de champ lointain. Après couplage à des conducteurs reliés aux équipements, mais situés hors de l'enceinte des équipements, les perturbations rayonnées deviennent des perturbations conduites. Elles sont étudiées en même temps que les différents phénomènes classés dans la catégorie des perturbations conduites. La voie d'accès des perturbations rayonnées indiquée dans les tableaux ne concerne que les perturbations rayonnées qui pénètrent dans les équipements à travers leur enveloppe (qu'il s'agisse d'une barrière effective telle qu'un écran, une enceinte métallique, etc., ou d'une barrière physique sans effet électromagnétique, comme un boîtier en matière plastique).

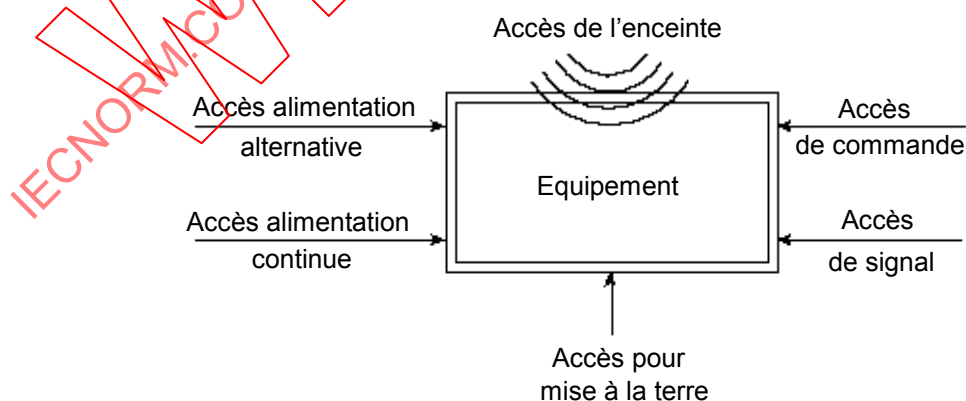


Figure 2 – Accès par lesquels des perturbations électromagnétiques pénètrent dans l'équipement

7 Classification of environments

7.1 Types of location

The set of exit tables given in annex A presents a matrix of recommendations for selecting appropriate disturbance degrees as compatibility levels for the various electromagnetic phenomena expected to be significant in the listed types of locations. These recommendations are offered for the guidance of product committees; they are not product specifications, hence their listing in annex A.

Furthermore, it should be recognized that the actual environment disturbance degrees, as well as the equipment immunity levels, are only probabilities. Therefore, no clear thresholds can be defined; rather, the compatibility between the environment presumed to correspond to the assigned compatibility level and a specific equipment involves the convolution of two probability distribution curves. The importance of this consideration cannot be overemphasized. In the description of the attributes for a given location, some attributes are expressed as the exclusion of a specific level of disturbance. If this exclusion is not satisfied, then a higher degree of disturbance should be selected.

7.2 Impinging disturbances and equipment ports

Electromagnetic disturbances impinge on equipment by radiation or by conduction. A useful concept is to consider a set of ports, as shown in figure 2, through which the disturbances enter (or exit) the equipment under consideration. The nature and degree of disturbing phenomena depends on the type of port, so that the exit tables will take into consideration this effect. Electromagnetic radiated disturbances impinge on equipment from distant or close sources, hence the propagation and coupling can be governed by far-field or by near-field characteristics. Radiated disturbances that couple into the conductors connected to the equipment, but outside the equipment enclosure, become conducted disturbances; these are addressed under the various phenomena listed under conducted disturbances. The “radiated” port shown in the tables concerns only the radiated disturbances that enter the equipment through its envelope (either an actual barrier such as a shield, metallic cabinet, etc., or a physical barrier with no electromagnetic effect, such as a plastic housing).

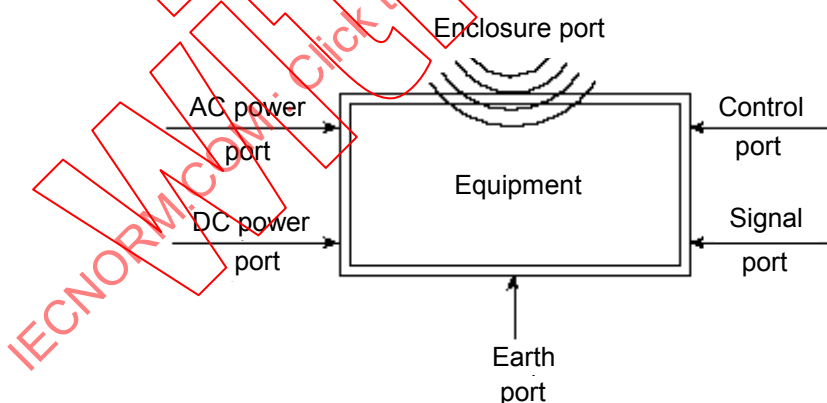


Figure 2 – Ports of entry of electromagnetic disturbances into equipment

Il importe de différencier les accès soumis à des perturbations conduites car les phénomènes susceptibles de se produire dans les systèmes électriques sont différents de ceux qui surviennent sur des systèmes de communication, ainsi qu'en raison de l'importance des méthodes de mise à la terre de chacune de ces catégories de systèmes, terres qui servent souvent de référence pour les équipements. Pour les besoins de cette classification, l'accès de commande et l'accès de signal sont considérés comme similaires et regroupés dans une seule colonne dans les tableaux de sortie. Les usagers doivent savoir que les valeurs indiquées correspondent aux perturbations mesurées entre les conducteurs des différents systèmes, selon un mode différentiel, un mode commun et un mode asymétrique.

Lorsque l'on aborde la question des tensions parasites, la tension en mode différentiel (ou mode normal ou symétrique) est la différence de potentiel intervenant entre deux conducteurs parcourus par un courant électrique. La tension en mode commun (ou mode asymétrique) est la moyenne des différences de potentiel entre les conducteurs considérés (au moins deux) et la référence choisie. Cette référence peut être un câble de terre de sécurité, une conduite d'eau, une baie d'instruments, un châssis, etc. La tension asymétrique est mesurée entre l'un des conducteurs considérés et la référence choisie. Ces trois types de tension ne sont pas indépendants. Ainsi, dans le cas de deux conducteurs sous tension et d'une référence, le vecteur de différence entre les deux vecteurs de tension asymétrique donne la tension en mode différentiel, tandis que la moitié de la somme des vecteurs de ces deux tensions donne la tension en mode commun. En conséquence, le déphasage Φ entre les tensions asymétriques détermine dans une large mesure l'amplitude des tensions en mode différentiel et en mode commun par rapport aux tensions asymétriques.

Considérons une alimentation en courant alternatif composée de conducteurs de phase, d'un conducteur neutre et d'un conducteur de terre de sécurité, ce dernier servant de référence. La grandeur relative des différentes tensions dépendra des méthodes de mise à la terre du réseau d'alimentation, particulièrement à basse fréquence (on parle de basse fréquence lorsque la longueur d'onde λ de la perturbation est beaucoup plus longue que les dimensions du réseau de conducteurs en question). Par exemple, si le neutre est relié à la terre et à un conducteur de terre de l'équipement à l'entrée de service du bâtiment (ce qui est fréquent dans certains pays), la tension en mode commun à l'intérieur du bâtiment sera inférieure à la tension en mode différentiel, étant donné que le diamètre est normalement grand dans ce cas. Par ailleurs, les perturbations entre le neutre et la terre affectant l'installation à partir de l'extérieur ne se propageront pas au-delà du point de liaison. En cas de terre distante pour le neutre et la terre de protection (pratique normale dans d'autres pays) ou à des fréquences plus élevées (λ étant plus petite que les dimensions du réseau), la tension en mode différentiel peut être considérablement atténuée et la perturbation en mode commun est prédominante (valeur réduite de Φ).

Lors de la sélection du degré de perturbation pour un phénomène qui comporte le couplage de perturbations rayonnées sur des boucles de conducteurs, il est nécessaire de prendre en considération les dimensions maximales de ces boucles, qui peuvent être calculées, par exemple, à partir de la longueur des lignes concernées. En particulier, à des fréquences élevées ou dans le cas d'un réseau de grande taille (ce qui revient au même d'un point de vue électromagnétique), par exemple, lorsqu'il s'agit de lignes de commande/signal de grande longueur, les boucles formées par les lignes respectives des conducteurs et la référence ont pratiquement les mêmes dimensions, les tensions induites sont pratiquement similaires, d'où la prédominance des phénomènes en mode commun. Par exemple, dans le cas du milieu de signal/commande, les lignes seront relativement courtes dans un site résidentiel ou commercial, mais peuvent être assez longues dans un hôpital, un aéroport ou une usine de produits chimiques. Par ailleurs, la tension en mode différentiel est, dans une large mesure, déterminée par l'impédance de transfert (une mesure de la conversion du courant en mode commun en tension en mode différentiel) des lignes concernées et par les propriétés d'atténuation du milieu diélectrique de ces lignes. Ainsi, les perturbations haute fréquence en mode différentiel qui franchissent une longue distance entre leur source et les accès des équipements peuvent être considérablement atténuées lors de ce processus.

The significance of differentiating ports for conducted disturbances reflects the different types of phenomena that can occur in power systems versus communications systems, as well as the importance of earthing practices for each of the systems, as earth often serves as reference for the equipment. For the purposes of this classification, the control port and the signal port are considered similar; the exit tables show a single column for these two ports. Users need to recognize that the values shown correspond to disturbances measured between the conductors of the specific systems, in what is described as differential mode, common-mode and asymmetrical mode.

When considering disturbance voltages, the differential mode (or normal mode or symmetrical) voltage is the voltage occurring between two current-carrying conductors. The common-mode (or asymmetrical) voltage is the average of the voltages of the considered conductors (at least two) and the chosen reference. This reference can be a safety-earth wire, a water pipe, an instrument rack, a chassis, etc. The asymmetrical voltage is measured between one of the considered conductors and the chosen reference. The three types of voltages are not independent. For example, in the case of two "hot" conductors and a reference, the difference vector between the two asymmetrical voltage vectors gives the differential-mode voltage, while half of the vector sum of these two voltages gives the common-mode voltage. Hence, the phase angle Φ between the asymmetrical voltages strongly determines the amplitudes of the differential and common-mode voltages relative to the asymmetrical voltages.

When considering the a.c. mains, consisting of phase conductors, neutral conductor and a safety earth conductor, the latter selected as the reference, the relative magnitude of the various voltages will depend on the grounding practices of the mains network, especially at low frequencies (low frequency being understood when the wavelength λ of the disturbance is much longer than the dimensions of the conductor system in question). For instance, if the neutral is bonded to earth and to an equipment grounding conductor at the building service entrance (typical practice in some countries), the common-mode voltage inside the building will be smaller than the differential mode, as the diameter is normally large in that case, and neutral-to-earth disturbances impinging on the facility from the outside do not propagate beyond the point of bonding. In the case of distant bonding of neutral and protective earth (typical practice in some other countries), or at high frequencies (λ smaller than the system dimensions), the differential mode can be substantially attenuated and the common-mode disturbance is dominant (small value of Φ).

In selecting a disturbance degree for a phenomenon that involves coupling radiated disturbances into conductor loops, it is necessary to take into consideration the maximum dimensions of these loops, for example determined by the length of the lines being considered. In particular, at high frequencies, or for a large system (the two being synonymous from an electromagnetic point of view), for instance long control/signal lines, the loops formed by the respective line conductors and the reference have practically the same dimensions, the induced voltages are practically the same, making the common-mode phenomena dominant. For example, in the case of the signal/control medium, the lines will be relatively short in a residential or commercial location, but can be quite long in a hospital, airport, or chemical process plant. On the other hand, the differential mode voltage is, to a large extent, determined by the transfer impedance (a measure of the conversion of common-mode current into differential-mode voltage) of the lines being considered, and by the attenuation properties of the dielectric medium of those lines. Thus, differential-mode high-frequency disturbances travelling over a long distance between their source and the equipment ports can be substantially attenuated in the process.

Lors de la définition de la compatibilité électromagnétique de systèmes, il importe de reconnaître que des différences de tension considérables peuvent exister entre les conducteurs de différents systèmes, tels que ceux d'un réseau d'énergie et ceux d'un réseau de transmission de données. Ces différences de tension sont déterminées par l'amplitude des perturbations intervenant dans les réseaux respectifs et les méthodes de liaison et de mise à la terre décidées et mises en œuvre ou préexistantes sur le site envisagé. Les degrés de perturbation mentionnés à l'article 5, particulièrement pour une alimentation en courant alternatif, sont donnés pour les cas où «il n'y a pas de dispositif de protection installé».

Cependant, les systèmes de protection comme les filtres contre les interférences électromagnétiques ou les parafoudres installés au niveau de l'accès d'alimentation de l'équipement peuvent modifier la différence de tension entre les conducteurs de terre de sécurité et la «terre» locale du lieu d'implantation de l'équipement. Face à cette situation, il faut envisager un milieu de référence (voir tableaux) avec des tensions de perturbation applicables à des conducteurs de référence appartenant à différents systèmes dans lesquels chacun peut avoir sa référence propre (et différente) de masse ou de terre.

Dans les tableaux de sortie figurant à l'annexe A, les degrés de perturbation ont été choisis de façon à définir les niveaux de compatibilité recommandés pour plusieurs classes d'emplacement. Ces degrés de perturbation et leurs caractéristiques ont été définis dans les articles 4, 5 et 6. Pour chaque classe d'emplacement, un tableau présente les principales caractéristiques électromagnétiques auxquelles s'ajoutent les notes explicatives nécessaires.

8 Principes du choix des niveaux d'immunité

8.1 Approche

La conception, la fabrication, l'installation et la maintenance d'un objet doté d'un haut niveau d'immunité peuvent revenir cher si des pratiques appropriées ne sont pas appliquées. Il convient donc de définir soigneusement les exigences en matière d'immunité. L'approche proposée ici est fondée sur un choix de l'immunité décidé en fonction des facteurs suivants:

- a) environnement électromagnétique dans lequel l'objet sera utilisé;
- b) caractère plus ou moins critique des différentes perturbations possibles.

Des caractéristiques d'immunité différentes peuvent être nécessaires pour les différentes fonctions d'un objet effectuant plusieurs fonctions. Par exemple, une fonction de sécurité devrait avoir un niveau d'immunité plus élevé qu'une simple fonction de commodité. Une approche plus rigoureuse devrait également tenir compte de la disponibilité minimale exigée de l'objet pour chacune de ses fonctions requises. Cependant, étant donné l'absence de données suffisantes et précises, il serait dans la plupart des cas difficile d'exiger cette spécification particulière des immunités.

Le choix de différentes caractéristiques d'immunité pour des fonctions différentes d'un même objet est particulièrement adapté en raison de la nature statistique d'un environnement électromagnétique, aspect de la CEM dont l'importance a récemment été soulignée. Il convient également de rappeler que cette approche n'est pas uniquement valable pour les systèmes très complexes dotés d'un grand nombre de fonctions différentes.

8.2 Incertitudes

8.2.1 Incertitudes en situation d'essai

Les niveaux d'immunité en essai sont les niveaux à considérer en situation d'essai. Un niveau d'essai est une grandeur mesurée de façon bien définie dans un environnement bien défini. Cependant, un certain nombre d'incertitudes peuvent influencer un essai d'immunité:

An important aspect of designing systems for electromagnetic compatibility is to recognize that significant voltage differences can exist between the conductors of different systems, such as the power system and a data link system. These voltage differences are determined by the amplitude of the disturbances occurring in the respective system, and the bonding and grounding practices mandated and implemented, or existing by default at the particular site. The disturbance degrees cited in clause 5, especially for a.c. mains, are given for “no protective devices installed” cases.

However, protective schemes, such as EMI filters or surge-protective devices installed at the mains port of the equipment, can produce changes in the voltage difference between protective earth conductors and local “ground” at the site of the equipment. This situation motivates consideration of a reference medium, as shown in the tables, with disturbance voltages applicable to reference conductors belonging to different systems, where each can have its own (and different) ground or earth reference.

In the exit tables shown in annex A, disturbance degrees have been selected to define the compatibility levels recommended for several classes of locations. These disturbance degrees and their attributes, resulting from their sources, have been defined in clauses 4, 5 and 6. For each class of location, a table is presented with a listing of the major electromagnetic attributes of that location, together with necessary explanatory notes.

8 Principles of the selection of immunity levels

8.1 Approach

The design, manufacturing, installation and maintenance of an item with a high degree of immunity can be a costly process if proper practices are not applied. The immunity requirements should, therefore, be selected carefully. The proposed approach is that immunity should be selected according to:

- a) the electromagnetic environment in which the item will be used;
- b) the criticality of the different possible interferences.

Different immunity characteristics might be appropriate for the different functions of a multi-function item. For instance, a safety-related function should have a higher immunity level than a convenience-related function. Therefore, a more rigorous approach should take into consideration the need for undisturbed operation of each function performed by an item. However, it would not be realistic to require this selective specification of immunity as a general requirement, because available data are generally insufficient or imprecise.

The choice of different immunity characteristics for different functions of the same item is relevant because of the statistical nature of an electromagnetic environment, an aspect of EMC which has been recently emphasized. It should be stressed that the proposed approach is not only relevant for very complex systems having many different functions.

8.2 Uncertainties

8.2.1 Uncertainties in the test situation

Immunity test levels are the levels to be considered in the test situation. A test level is the magnitude of a quantity as measured in a well-defined way in a well-defined environment. However, there are several kinds of uncertainties which can influence an immunity test:

- la précision et l'étalonnage de l'instrumentation;
- la définition de l'environnement d'essai;
- la définition de l'installation de l'objet.

Ces incertitudes peuvent être évaluées par une vérification de la reproductibilité d'un essai donné lorsque toutes les spécifications de la norme applicable sont respectées. Selon le type de mesures effectuées, ces incertitudes se situent généralement dans la fourchette des 1 dB à 6 dB, en fonction du type de mesure et de la qualité de la spécification figurant dans la norme. Il convient de noter que certaines installations d'essai utilisées pour mesurer ou produire des champs électromagnétiques peuvent présenter des erreurs allant jusqu'à 40 dB du fait des effets de résonance. Cependant, les normes et méthodes de mesure sont constamment améliorées.

La fiabilité d'un essai d'immunité est en grande partie déterminée par la possibilité de représenter la «répartition» réelle d'une perturbation donnée dans l'équipement sous test (EST) au moyen d'une source d'essai et d'un ou de réseaux de couplage reliés à certains accès de l'équipement sous test. Un essai normalisé ne peut pas être interprété comme la réplique parfaite de la situation rencontrée dans la réalité.

8.2.2 Incertitudes en situation d'application

En situation d'application, les incertitudes sont principalement liées à la probabilité de proximité d'une source forte dont la présence n'avait pas été envisagée. Il faut donc distinguer les équipements fixes et mobiles.

8.2.3 Comment gérer les incertitudes

Il convient de faire face aux incertitudes en sélectionnant les marges appropriées entre le niveau attendu de perturbation et la limite d'immunité. L'une de ces marges sera choisie pour chaque fonction, afin d'exprimer sa gravité. L'emploi de l'objet dans un environnement spécifié ou non, ou dans tout environnement non spécifié (cas des objets mobiles) pourrait également influencer le choix des marges. Par conséquent, un objet peut être testé à différents niveaux pour différentes fonctions. Le choix de la marge appropriée pour chaque fonction devrait être fait par le comité de produit compétent de la CEI.

8.3 Critères de gravité

On peut envisager plusieurs niveaux de gravité qui tiennent compte de toutes les conséquences d'une perturbation. Selon la nature et la mission de l'objet et de ses équipements associés, les critères pour la définition de la gravité peuvent inclure:

- *perturbation catastrophique*: peut entraîner la mort, des lésions graves, des dégâts importants ou d'autres préjudices graves;
- *perturbation critique*: peut entraîner des lésions mineures, des dégâts importants ou provoquer d'autres préjudices importants;
- *perturbation majeure*: peut provoquer des dégâts permanents mineurs ou entraîner d'autres préjudices;
- *perturbation mineure*: peut provoquer une perte temporaire de fonction ou autres préjudices mineurs;
- *perturbation sans conséquence*: peut produire une perte de fonction dans les limites des tolérances et ne demande pas d'intervention humaine.

- precision and calibration of instrumentation;
- definition of the test environment;
- definition of the item installation.

These uncertainties can be assessed by checking reproducibility of a given test, when all specifications in the relevant standard are fulfilled. Depending on the type of measurement being made, such uncertainties generally lie in the 1 dB to 6 dB range, according to the type of measurement and the quality of the specification contained in the standard. Note that some test setups used for measuring or generating electromagnetic fields are subject to errors of up to 40 dB as a result of resonance effects. However, standards and methods of measurement are continuously being improved.

The relevance of an immunity test is strongly determined by the degree to which we are able to represent the actual distribution of a particular disturbance in the equipment under test (EUT) by means of a test source and coupling network(s) connected to some ports of the EUT. A standardized test cannot be construed as a perfect replica of the situation encountered in practice.

8.2.2 *Uncertainties in the application situation*

In the application situation, uncertainties are mainly related to the likelihood of the proximity of a strong source that was not expected to be there. Thus it is necessary to maintain a distinction between fixed and mobile equipments.

8.2.3 *Dealing with uncertainties*

Dealing with uncertainties should be effected by selection of appropriate margins between the expected level of disturbances and the immunity limit. One of these margins will be selected for each function, as a function of its criticality. The use of the item in a controlled environment, or in an uncontrolled environment, or in any uncontrolled environment (mobile item) could also influence the choice of the margins. Therefore, an item can be tested at different levels for its different functions. The choice of the appropriate margin of each function should be carried out by the relevant IEC product committee.

8.3 *Criticality criteria*

Several levels of criticality can be considered that involve all the consequences of an interference. Depending upon the nature and mission of the item and its associated equipment, criteria for the definition of criticality can include:

- *catastrophic interference*: interference which might cause death, or major injuries, or extensive damage, or might lead to other considerable detrimental consequences;
- *critical interference*: interference which can result in minor injuries or extensive damage to equipment, or might lead to other important detrimental consequences;
- *major interference*: interference which can result in minor permanent damage to equipment, or can lead to other moderate detrimental consequences;
- *minor interference*: interference which can cause temporary loss of performance, and can have other minor detrimental consequences ;
- *inconsequential interference*: interference which only causes loss of performance within tolerances, and does not require human intervention.

D'après cette classification, il est clair que le caractère critique d'une perturbation dépend non seulement de l'objet concerné, mais également de toutes les interactions entre cet objet et le monde extérieur. Il convient de garder présent à l'esprit qu'une perturbation mineure pour l'objet considéré pourrait avoir des conséquences désastreuses pour le système dans lequel il est intégré (par exemple: perturbation sur le système de communication d'un avion).

Par ailleurs, les normes d'essai d'immunité (CEI série 1000-4) donnent la classification suivante des *résultats des essais*:

- 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 perte de données.*

From this classification, it is clear that the criticality of an interference depends not only on the item under consideration, but also on all interactions between the item and the outside world. It should be kept in mind that a minor interference for the item of interest could have catastrophic consequences for the system in which it is included (for example: interference on the communication system of an aeroplane).

On the other hand, immunity test standards (IEC 1000-4 series) classify *test results* as follows:

- 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.*

Annexe A (informative)

Exemples de niveaux de compatibilité applicables à des classes d'emplacement types

Les classes d'emplacement incluses dans la présente annexe sont des exemples. Ces exemples représentent certes un ensemble limité, mais dresser la liste d'un large éventail de classes serait trop lourd à gérer. Des classes d'emplacement différentes de celles considérées dans la présente annexe pourront être déterminées et ajoutées à cet ensemble lorsque le besoin s'en fera sentir.

Les caractéristiques définissant chaque classe d'emplacement (critères d'inclusion ou d'exclusion) sont énumérées dans le tableau correspondant. Si les critères d'exclusion accompagnant les caractéristiques d'emplacement pour un emplacement donné ne sont pas satisfaits, il convient de retenir un degré de perturbation supérieur.

A.1 Classe d'emplacement de type 1

Caractéristiques des milieux et accès associés

Enveloppe:

Pas sous les lignes à haute tension

Pas d'émetteur de radiodiffusion à moins de 1 km – Si cette condition n'est pas satisfaite, utiliser la classe d'emplacement de type 2 pour ce milieu

Pas de radio amateur à moins de 200 m

Courant alternatif:

Lignes aériennes

Exposition significative à la foudre

Impédance du réseau relativement élevée

Courant continu:

Non applicable

Signal/commande:

Lignes ou câbles aériens de télécommunication

Les lignes de commande sont généralement courtes, c'est-à-dire inférieures à 10 m

Exposition significative à la foudre

Terre:

Interface avec des réseaux aériens

Les terres locales peuvent être absentes ou présenter une impédance élevée

Il peut y avoir absence de coordination de terres locales multiples

NOTE – Cette classe peut être représentative d'un emplacement résidentiel rural.

Annex A

(informative)

Examples of compatibility levels for typical location classes

The location classes included in this annex are examples. It is recognized that these examples are not exhaustive, but listing a wide range of classes would become cumbersome. Location classes other than those considered in this annex may be identified and added to the set as the need arises.

For each location class, its unique attributes (inclusion or exclusion of an attribute) are listed in the corresponding table. If the exclusion criteria shown in the location attributes for a given location are not met, then a higher degree of disturbance should be selected.

A.1 Location class type 1

Attributes of media and associated ports

Enclosure:

Not under HV lines

No broadcast transmitters closer than 1 km – If not satisfied, use the location class type 2 for this medium

No amateur radio closer than 200 m

AC power:

Overhead lines

Significant lightning exposure

Relatively high network impedance

DC power:

Not applicable

Signal/control:

Overhead telecom cables or lines

Control lines are usually short, less than 10 m

Significant lightning exposure

Earth:

Interfacing with overhead networks

Local ground can be absent or present high impedance

Multiple local grounds might be not coordinated

NOTE – This class may be typical of a residential-rural location.

Tableau A.1 – Classe d'emplacement de type 1

Phénomène		Pour les détails, voir tableau	Degrés de perturbation pour cinq accès				
			Enveloppe	Alimentation c.a.	Alimentation c.c.	Commande et signalisation	Terre
Conduits BF	Taux de distortions d'harmoniques	2	–	1	–	–	–
	Signalisation 0,1-3 kHz	3	–	1	–	–	–
	3-95 kHz			1	–	–	–
	95-500 kHz			1	–	–	–
	Fluctuations de tension	4	–	2	–	–	–
	Creux de tension		–	2	–	–	–
	Microcoupures		–	2	–	–	–
Champ magnétique BF	Déséquilibre de tension		–	1	–	–	–
	Variations de fréquence		–	1	–	–	–
	BF induites	5	–	–	–	1	–
	Courant continu dans le réseau c.a.	*	–	*	*	*	–
	Courant continu	6	1	–	–	–	–
Champ électrique BF	Ferroviaire		1	–	–	–	–
	Réseau d'énergie		2	–	–	–	–
	Harmoniques réseau		1	–	–	–	–
	d'énergie		1	–	–	–	–
	sans rapport avec le réseau		1	–	–	–	–
Onde entretenue HF induite	Lignes en courant continu	7	1	–	–	–	–
	Ferroviaire (16 2/3 Hz)		2	–	–	–	–
	Réseau d'énergie (50-60 Hz)		2	–	–	–	–
Signalisation HF conduite	10-150 kHz	8	–	2	–	3	*
	0,1-30 MHz		–	3	–	3	*
	30-150 MHz		–	2	–	2	*
Transitoires HF unidirectionnels conduits	3-95 kHz	3	–	1	–	–	–
	95-500 kHz		–	2	–	–	–
	Nanosecondes	9	–	–	–	–	–
	Microsecondes, proche		–	3	–	1	*
Transitoires HF oscillatoires rayonnés	Microsecondes, distant		–	2	–	1	*
	Millisecondes		–	1	–	–	*
	Haute fréquence	10	–	3	–	1	*
	Moyenne fréquence		–	2	–	1	*
Oscillatoires HF rayonnés	Basse fréquence		–	1	–	–	*
	Toutes sources	11	3	–	–	–	–
	9 kHz-27 MHz		3	–	–	–	–
	Bande CB 27 MHz		3	–	–	–	–
	Radio amateur toutes bandes		3	–	–	–	–
	27-1 000 MHz portatif sauf CB		3	–	–	–	–
	27-1 000 MHz mobile sauf CB		2	–	–	–	–
	27-1 000 MHz tous les autres		1	–	–	–	–
Impulsions HF rayonnées	1-40 GHz toutes sources		2	–	–	–	–
	Coup de foudre distant lié au réseau d'énergie	12	2	–	–	–	–
DES	Lente	13 et 14	3	–	–	–	–
	Rapide		3	–	–	–	–

* A l'étude.

Table A.1 – Location class type 1

Phenomenon		For details, see table	Disturbance degrees for five ports				
			Enclosure	AC power	DC power	Control and signalling	Earth
LF-conducted	Total harmonics distortion	2	—	1	—	—	—
	Signalling 0,1-3 kHz 3-95 kHz 95-500 kHz	3	—	1	—	—	—
				1	—	—	—
				1	—	—	—
	Voltage fluctuations	4	—	2	—	—	—
	Voltage dips		—	2	—	—	—
	Short interruptions		—	2	—	—	—
	Voltage unbalance		—	1	—	—	—
	Frequency variations		—	1	—	—	—
	Induced LF	5	—	—	—	1	—
	DC in a.c. networks	*	—	*	*	*	—
LF magnetic field	DC	6	1	—	—	—	—
	Railway		1	—	—	—	—
	Power system		2	—	—	—	—
	Power system harmonics		1	—	—	—	—
	not power-system related		1	—	—	—	—
LF electric field	DC lines	7	1	—	—	—	—
	Railway (16 2/3 Hz)		2	—	—	—	—
	Power system (50-60 Hz)		2	—	—	—	—
HF-conducted induced CW	10-150 kHz	8	—	2	—	3	*
	0,1-30 MHz		—	3	—	3	*
	30-150 MHz		—	2	—	2	*
HF-conducted signalling	3-95 kHz	3	—	1	—	—	—
	95-500 kHz		—	2	—	—	—
HF-conducted unidirectional transients	Nanoseconds	9	—	—	—	—	—
	Microseconds, close		—	3	—	1	*
	Microseconds, distant		—	2	—	1	*
	Milliseconds		—	1	—	—	*
HF-conducted oscillatory transients	High frequency	10	—	3	—	1	*
	Medium frequency		—	2	—	1	*
	Low frequency		—	1	—	—	*
HF-radiated oscillatory	9 kHz-27 MHz any source	11	3	—	—	—	—
	27 MHz band CB		3	—	—	—	—
	Amateur radio all bands		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz portable except CB		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz mobile except CB		2	—	—	—	—
	27-1 000 MHz all others		1	—	—	—	—
	1-40 GHz all sources		2	—	—	—	—
HF-radiated pulsed	Lightning distant	12	2	—	—	—	—
	power system related		2	—	—	—	—
ESD	Slow	13 and 14	3	—	—	—	—
	Fast		3	—	—	—	—

* Under consideration.

A.2 Classe d'emplacement de type 2

Caractéristiques des milieux et accès associés

Enveloppe:

Pas de radio amateur à moins de 20 m

Pas d'émetteur de radiodiffusion fonctionnant à moins de 1,6 MHz dans un rayon de 5 km

Présence possible d'appareils de diathermie à usage thérapeutique

Proximité possible d'un poste de transformation local

Présence possible de systèmes de sonorisation dans les lieux publics

Courant alternatif:

Câbles ou courtes portées de lignes aériennes

Courant continu:

Non applicable

Signal/commande:

Câbles ou courtes portées de lignes aériennes

Terre:

Nombreuses structures métalliques, qui peuvent être ou non reliées entre elles ou mises à la terre

NOTE – Cette classe peut être représentative d'un emplacement résidentiel urbain.

Autres observations

Exposition modérée à la foudre

Des lignes à haute tension peuvent passer au-dessus des bâtiments

A.2 Location class type 2

Attributes of media and associated ports

Enclosure:

- No amateur radio closer than 20 m
- No broadcast transmitter operating below 1,6 MHz closer than 5 km
- Possible presence of diathermy therapy equipment
- Possible proximity of local substation
- Possible presence of audio/hearing aid systems in public places

AC power:

- Cables or short overhead spans

DC power:

- Not applicable

Signal/control:

- Cables or short overhead spans

Earth:

- Abundant metallic structures that might or might not be bonded, earthed or grounded.

NOTE – This class may be typical of a residential-urban location.

Additional notes

- Moderate lightning exposure
- HV lines might be routed over buildings

Tableau A.2 – Classe d'emplacement de type 2

Phénomène		Pour les détails, voir tableau	Degrés de perturbation pour cinq accès				
			Enveloppe	Alimentation c.a.	Alimentation c.c.	Commande et signalisation	Terre
Conduits BF	Taux de distorsions d'harmoniques	2	—	1	—	—	—
	Signalisation 0,1-3 kHz 3-95 kHz 95-500 kHz	3	—	1	—	—	—
			—	1	—	—	—
			—	1	—	—	—
	Fluctuations de tension	4	—	1	—	—	—
	Creux de tension		—	1	—	—	—
	Microcoupures		—	1	—	—	—
	Déséquilibre de tension		—	1	—	—	—
	Variations de fréquence		—	1	—	—	—
	BF induites	5	—	—	—	—	—
	Courant continu dans le réseau c.a.	*	—	*	*	*	—
Champ magnétique BF	Courant continu	6	1	—	—	—	—
	Ferroviaire		1	—	—	—	—
	Réseau d'énergie		2	—	—	—	—
	Harmoniques réseau		1	—	—	—	—
	d'énergie sans rapport avec le réseau		1	—	—	—	—
Champ électrique BF	Lignes en courant continu	7	1	—	—	—	—
	Ferroviaire (16 2/3 Hz)		2	—	—	—	—
	Réseau d'énergie (50-60 Hz)		2	—	—	—	—
Onde entretenue HF induite	10-150 kHz	8	—	3	—	3	*
	0,1-30 MHz		—	4	—	4	*
	30-150 MHz		—	3	—	3	*
Signalisation HF conduite	3-95 kHz	3	—	1	—	—	—
	95-500 kHz		—	2	—	—	—
Transitoires HF unidirectionnels conduits	Nanosecondes	9	—	—	—	1	—
	Microsecondes, proche		—	3	—	1	*
	Microsecondes, distant		—	2	—	2	*
	Millisecondes		—	1	—	—	*
Transitoires HF oscillatoires rayonnés	Haute fréquence	10	—	3	—	2	*
	Moyenne fréquence		—	2	—	2	*
	Basse fréquence		—	1	—	—	*
Oscillatoires HF rayonnés	Toutes sources	11	2	—	—	—	—
	9 kHz-27 MHz		—	—	—	—	—
	Bande CB 27 MHz		4	—	—	—	—
	Radio amateur toutes bandes		4	—	—	—	—
	27-1 000 MHz portatif sauf CB		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz mobile sauf CB		2	—	—	—	—
	27-1 000 MHz tous les autres		1	—	—	—	—
	1-40 GHz toutes sources		2	—	—	—	—
Impulsions HF rayonnées	Coup de foudre distant	12	2	—	—	—	—
	lié au réseau d'énergie		2	—	—	—	—
DES	Lente	13 et 14	3	—	—	—	—
	Rapide		3	—	—	—	—

* A l'étude

Table A.2 – Location class type 2

Phenomenon		For details, see table	Disturbance degrees for five ports				
			Enclosure	AC power	DC power	Control and signalling	Earth
LF-conducted	Total harmonics distortion	2	–	1	–	–	–
	Signalling 0,1-3 kHz 3-95 kHz 95-500 kHz	3	–	1	–	–	–
				1	–	–	–
				1	–	–	–
	Voltage fluctuations	4	–	1	–	–	–
	Voltage dips		–	1	–	–	–
	Short interruptions		–	1	–	–	–
	Voltage unbalance		–	1	–	–	–
	Frequency variations	5	–	1	–	–	–
	Induced LF		–	–	–	1	–
	DC in a.c. networks		–	–	–	–	–
LF magnetic field	DC	6	1	–	–	–	–
	Railway		1	–	–	–	–
	Power system		2	–	–	–	–
	Power system harmonics		1	–	–	–	–
	not power system related		1	–	–	–	–
LF electric field	DC lines	7	1	–	–	–	–
	Railway (16 2/3 Hz)		2	–	–	–	–
	Power system (50-60 Hz)		2	–	–	–	–
HF-conducted induced CW	10-150 kHz	8	–	3	–	3	*
	0,1-30 MHz		–	4	–	4	*
	30-150 MHz		–	3	–	3	*
HF-conducted signalling	3-95 kHz	3	–	1	–	–	–
	95-500 kHz		–	2	–	–	–
HF-conducted unidirectional transients	Nanoseconds	9	–	–	–	1	–
	Microseconds, close		–	3	–	1	*
	Microseconds, distant		–	2	–	2	*
	Milliseconds		–	1	–	–	*
HF-conducted oscillatory transients	High frequency	10	–	3	–	2	*
	Medium frequency		–	2	–	2	*
	Low frequency		–	1	–	–	*
HF-radiated oscillatory	9 kHz-27 MHz any source	11	2	–	–	–	–
	27 MHz band CB		4	–	–	–	–
	Amateur radio all bands		4	–	–	–	–
	27-1 000 MHz portable except CB		3	–	–	–	–
	27-1 000 MHz mobile except CB		2	–	–	–	–
	27-1 000 MHz all others		1	–	–	–	–
	1-40 GHz all sources		2	–	–	–	–
HF-radiated pulsed	Lightning, distant	12	2	–	–	–	–
	power-system related		2	–	–	–	–
ESD	Slow	13 and 14	3	–	–	–	–
	Fast		3	–	–	–	–

* Under consideration.

A.3 Classe d'emplacement de type 3

Caractéristiques des milieux et accès associés

Enveloppe:

Pas de radio amateur à moins de 20 m

Pas d'émetteur de radiodiffusion fonctionnant à moins de 1,6 MHz dans un rayon de 5 km

Systèmes portatifs de téléappel et de communication

Forte concentration d'appareils ATI

Présence possible d'appareils de diathermie à usage thérapeutique

Proximité possible d'un poste de transformation local

Présence possible de systèmes de sonorisation

Courant alternatif:

Câbles ou courtes portées de lignes aériennes

Niveaux d'harmoniques élevés (ATI, éclairage, variateurs de vitesses)

Equipements montés sur le toit (exposition à la foudre)

Courant continu:

Non applicable

Signal/commande:

Câbles ou courtes portées de lignes aériennes

Couplage proche entre systèmes de signalisation et réseaux d'énergie

Terre:

Nombreuses structures métalliques, qui peuvent être ou non reliées entre elles ou mises à la terre

Interfaces fréquentes de systèmes d'énergie et de télécommunication (y compris locaux)

NOTE – Cette classe peut être représentative d'un emplacement commercial.

Autres observations

Interfaces avec des systèmes utilisateurs

Pas de production manufacturière ou de travail avec machine-outil

A.3 Location class type 3

Attributes of media and associated ports

Enclosure:

- No amateur radio closer than 20 m
- No broadcast transmitter operating below 1,6 MHz closer than 5 km
- Paging and portable communication systems
- High concentration of ITE
- Possible presence of diathermy therapy equipment
- Possible proximity of local substation
- Possible presence of audio/hearing aid systems

AC power:

- Cables or short overhead lines
- High harmonic levels (ITE, lighting, ASD)
- Roof-top mounted equipment (lightning exposure)

DC power:

- Not applicable

Signal/control:

- Cables or short overhead spans
- Close coupling between signal systems and switched power systems

Earth:

- Abundant metallic structures that might or might not be bonded, earthed, or grounded
- Frequent interfaces of power and telecom (including local) systems

NOTE – This class may be typical of a commercial class.

Additional notes:

- Interfaces with customer systems
- No manufacturing or machining

Tableau A.3 – Classe d'emplacement de type 3

Phénomène		Pour les détails, voir tableau	Degrés de perturbation pour cinq accès				
			Enveloppe	Alimentation c.a.	Alimentation c.c.	Commande et signalisation	Terre
Conduits BF	Taux de distortions d'harmoniques	2	—	1	—	—	—
	Signalisation 0,1-3 kHz	3	—	1	—	—	—
	3-95 kHz			1	—	—	—
	95-500 kHz			1	—	—	—
	Fluctuations de tension	4	—	1	—	—	—
	Creux de tension		—	1	—	—	—
	Microcoupures		—	1	—	—	—
Champ magnétique BF	Déséquilibre de tension		—	1	—	—	—
	Variations de fréquence		—	1	—	—	—
	BF induites	5	—	—	—	2	—
	Courant continu dans le réseau c.a.	*	—	*	*	*	—
	Courant continu	6	1	—	—	—	—
	Ferroviaire		1	—	—	—	—
	Réseau d'énergie		2	—	—	—	—
Champ électrique BF	Harmoniques réseau		1	—	—	—	—
	d'énergie		1	—	—	—	—
	sans rapport avec le réseau		1	—	—	—	—
	Lignes en courant continu	7	1	—	—	—	—
	Ferroviaire (16 ² /3 Hz)		2	—	—	—	—
	Réseau d'énergie		2	—	—	—	—
	(50-60 Hz)						
Onde entretenue HF induite	10-150 kHz	8	—	3	—	3	*
	0,1-30 MHz		—	4	—	4	*
	30-150 MHz		—	3	—	3	*
Signalisation HF conduite	3-95 kHz	3	—	1	—	—	—
	95-500 kHz		—	2	—	—	—
Transitoires HF unidirectionnels conduits	Nanosecondes	9	—	—	—	2	—
	Microsecondes, proche		—	3	—	1	*
	Microsecondes, distant		—	2	—	1	*
	Millisecondes		—	1	—	—	*
Transitoires HF oscillatoires rayonnés	Haute fréquence	10	—	3	—	2	*
	Moyenne fréquence		—	2	—	2	*
	Basse fréquence		—	1	—	—	*
Oscillatoires HF rayonnés	Toutes sources	11	2	—	—	—	—
	9 kHz-27 MHz						
	Bande CB 27 MHz		3	—	—	—	—
	Radio amateur toutes bandes		4	—	—	—	—
	27-1 000 MHz portatif sauf CB		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz mobile sauf CB		2	—	—	—	—
	27-1 000 MHz tous les autres		1	—	—	—	—
	1-40 GHz toutes sources		3	—	—	—	—
Impulsions HF rayonnées	Coup de foudre distant	12	2	—	—	—	—
	lié au réseau d'énergie		1	—	—	—	—
DES	Lente	13 et 14	3	—	—	—	—
	Rapide		3	—	—	—	—

* A l'étude.

Table A.3 – Location class type 3

Phenomenon		For details, see table	Disturbance degrees for five ports						
			Enclosure	AC power	DC power	Control and signalling	Earth		
LF-conducted	Total harmonics distortion	2	—	1	—	—	—		
	Signalling 0,1-3 kHz 3-95 kHz 95-500 kHz	3	—	1 1 1	— — —	— — —	— — —		
		Voltage fluctuations Voltage dips Short interruptions Voltage unbalance Frequency variations	4	— — — — —	1 1 1 1 1	— — — — —	— — — — —	— — — — —	
			Induced LF	5	—	—	—	2	—
	DC in a.c. networks		*	—	*	*	*	—	
	LF magnetic field		DC	6	1	—	—	—	—
			Railway		1	—	—	—	—
Power system			2	—	—	—	—		
Power system harmonics			1	—	—	—	—		
not power system related			1	—	—	—	—		
LF electric field	DC lines	7	1	—	—	—	—		
	Railway (16 2/3 Hz)		2	—	—	—	—		
	Power system (50-60 Hz)		2	—	—	—	—		
HF-conducted induced CW	10-150 kHz	8	—	3	—	3	*		
	0,1-30 MHz		—	4	—	4	*		
	30-150 MHz		—	3	—	3	*		
HF-conducted signalling	3-95 kHz	3	—	1	—	—	—		
	95-500 kHz		—	2	—	—	—		
HF-conducted unidirectional transients	Nanoseconds	9	—	—	—	2	—		
	Microseconds, close		—	3	—	1	*		
	Microseconds, distant		—	2	—	1	*		
	Milliseconds		—	1	—	—	*		
HF-conducted oscillatory transients	High frequency	10	—	3	—	2	*		
	Medium frequency		—	2	—	2	*		
	Low frequency		—	1	—	—	*		
HF-radiated oscillatory	9 kHz-27 MHz any source	11	2	—	—	—	—		
	27 MHz band CB		3	—	—	—	—		
	Amateur radio all bands		4	—	—	—	—		
	27-1 000 MHz portable except CB		3	—	—	—	—		
	27-1 000 MHz mobile except CB		2	—	—	—	—		
	27-1 000 MHz all others		1	—	—	—	—		
	1-40 GHz all sources		3	—	—	—	—		
	Lightning distant	12	2	—	—	—	—		
HF-radiated pulsed power system related		1	—	—	—	—			
ESD	Slow	13 and	3	—	—	—	—		
	Fast	14	3	—	—	—	—		
* Under consideration.									

A.4 Classe d'emplacement de type 4

Caractéristiques des milieux et accès associés

Enveloppe:

Pas de radio amateur à moins de 20 m

Pas d'émetteur de radiodiffusion fonctionnant à moins de 1,6 MHz dans un rayon de 5 km

Systèmes portatifs de téléappel et de communication

Forte concentration d'appareils ATI

Proximité possible d'appareils ISM à basse puissance

Présence possible d'appareils de diathermie à usage thérapeutique

Proximité possible d'un poste de transformation local

Présence possible de systèmes de sonorisation

Courant alternatif:

Câbles ou courtes portées de lignes aériennes

Courant continu:

Non applicable

Signal/commande:

Câbles ou courtes portées de lignes aériennes

Terre:

Nombreuses structures métalliques, qui peuvent être ou non reliées entre elles ou mises à la terre

NOTE – Cette classe peut être représentative d'un emplacement industriel léger.

A.4 Location class type 4

Attributes of media and associated ports

Enclosure:

- No amateur radio closer than 20 m
- No broadcast transmitter operating below 1,6 MHz closer than 5 km
- Paging and portable communication systems
- High concentration of ITE
- Possible proximity to low-power ISM
- Possible presence of diathermy therapy equipment
- Possible proximity of local substation
- Possible presence of audio/hearing aid systems

AC power:

- Cables or short overhead spans

DC power:

- Not applicable

Signal/control:

- Cables or short overhead spans

Earth:

- Abundant metallic structures that might or might not be bonded, earthed or grounded

NOTE – This class may be typical of a light industrial location.

Tableau A.4 – Classe d'emplacement de type 4

Phénomène		Pour les détails, voir tableau	Degrés de perturbation pour cinq accès				
			Enveloppe	Alimentation c.a.	Alimentation c.c.	Commande et signalisation	Terre
Conduits BF	Taux de distortions d'harmoniques	2	—	1	—	—	—
	Signalisation 0,1-3 kHz	3	—	1	—	—	—
	3-95 kHz			1	—	—	—
	95-500 kHz			1	—	—	—
	Fluctuations de tension	4	—	2	—	—	—
	Creux de tension		—	2	—	—	—
	Microcoupures		—	2	—	—	—
Champ magnétique BF	Déséquilibre de tension		—	2	—	—	—
	Variations de fréquence		—	1	—	—	—
	BF induites	5	—	—	—	3	—
	Courant continu dans le réseau c.a.	*	—	*	*	*	—
	Courant continu	6	1	—	—	—	—
	Ferroviaire		1	—	—	—	—
	Réseau d'énergie		2	—	—	—	—
Champ électrique BF	Harmoniques réseau		1	—	—	—	—
	d'énergie		1	—	—	—	—
	sans rapport avec le réseau		1	—	—	—	—
Onde entretenue HF induite	Lignes en courant continu	7	1	—	—	—	—
	Ferroviaire (16 2/3 Hz)		2	—	—	—	—
	Réseau d'énergie (50-60 Hz)		2	—	—	—	—
Signalisation HF conduite	10-150 kHz	8	—	3	—	3	*
	0,1-30 MHz		—	4	—	4	*
	30-150 MHz		—	3	—	3	*
Transitoires HF unidirectionnels conduits	3-95 kHz	3	—	1	—	—	—
	95-500 kHz		—	2	—	—	—
	Nanosecondes	9	—	3	—	2	—
	Microsecondes, proche		—	3	—	2	*
Transitoires HF oscillatoires rayonnés	Microsecondes, distant		—	2	—	2	*
	Millisecondes		—	1	—	—	*
	Haute fréquence	10	—	3	—	2	*
	Moyenne fréquence		—	2	—	2	*
Oscillatoires HF rayonnés	Basse fréquence		—	1	—	—	*
	Toutes sources	11	3	—	—	—	—
	9 kHz-27 MHz						
	Bande CB 27 MHz		3	—	—	—	—
	Radio amateur toutes bandes		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz portatif sauf CB		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz mobile sauf CB		2	—	—	—	—
	27-1 000 MHz tous les autres		2	—	—	—	—
Impulsions HF rayonnées	1-40 GHz toutes sources		2	—	—	—	—
	Coup de foudre distant lié au réseau d'énergie	12	2	—	—	—	—
DES	Lente	13 et 14	3	—	—	—	—
	Rapide		3	—	—	—	—

* A l'étude.

Table A.4 – Location class type 4

Phenomenon		For details, see table	Disturbance degrees for five ports				
			Enclosure	AC power	DC power	Control and signalling	Earth
LF-conducted	Total harmonics distortion	2	—	1	—	—	—
	Signalling 0,1-3 kHz 3-95 kHz 95-500 kHz	3	—	1	—	—	—
				1	—	—	—
				1	—	—	—
	Voltage fluctuations	4	—	2	—	—	—
	Voltage dips		—	2	—	—	—
	Short interruptions		—	2	—	—	—
	Voltage unbalance		—	2	—	—	—
	Frequency variations		—	1	—	—	—
	Induced LF	5	—	—	—	3	—
	DC in a.c. networks	*	—	*	*	*	—
LF magnetic field	DC	6	1	—	—	—	—
	Railway		1	—	—	—	—
	Power system		2	—	—	—	—
	Power system harmonics		1	—	—	—	—
	not power system related		1	—	—	—	—
LF electric field	DC lines	7	1	—	—	—	—
	Railway (16 2/3 Hz)		2	—	—	—	—
	Power system (50-60 Hz)		2	—	—	—	—
HF-conducted induced CW	10-150 kHz	8	—	3	—	3	*
	0,1-30 MHz		—	4	—	4	*
	30-150 MHz		—	3	—	3	*
HF-conducted signalling	3-95 kHz	3	—	1	—	—	—
	95-500 kHz		—	2	—	—	—
HF-conducted unidirectional transients	Nanoseconds	9	—	3	—	2	—
	Microseconds, close		—	3	—	2	*
	Microseconds, distant		—	2	—	2	*
	Milliseconds		—	1	—	—	*
HF-conducted oscillatory transients	High frequency	10	—	3	—	2	*
	Medium frequency		—	2	—	2	*
	Low frequency		—	1	—	—	*
HF-radiated oscillatory	9 kHz-27 MHz any source	11	3	—	—	—	—
	27 MHz band CB		3	—	—	—	—
	Amateur radio all bands		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz portable except CB		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz mobile except CB		2	—	—	—	—
	27-1 000 MHz all others		2	—	—	—	—
	1-40 GHz all sources		2	—	—	—	—
HF-radiated pulsed	Lightning distant power system related	12	2	—	—	—	—
ESD	Slow	13 and 14	3	—	—	—	—
	Fast		3	—	—	—	—

* Under consideration.

A.5 Classe d'emplacement de type 5

Caractéristiques des milieux et accès associés

Enveloppe:

- Pas de radio amateur à moins de 20 m
- Pas d'émetteur de radiodiffusion de moins de 1,6 MHz à moins de 5 km
- Proximité immédiate d'appareils ISM de forte puissance
- Proximité immédiate d'appareillage MT et HT
- Forte probabilité d'émetteurs et de systèmes de téléappel tenus à la main
- Proximité immédiate d'appareils de soudage à l'arc
- Proximité de câbles MT

Courant alternatif:

- Câbles souterrains pour centrales électriques de puissance moyenne
- Poste haute tension spécialisé pour centrales de grande puissance
- Possibilité d'artères spécialisées
- Possibilité d'autoproduction
- Correction de facteur de puissance (batterie de condensateurs)
- Systèmes ASD de grande puissance
- Manœuvres de sectionneurs
- Fours à arc
- Forts courants d'appel
- Possibilité de forts courants de défaut

Courant continu:

- Redresseur avec batterie
- Charges inductives coupées
- Forts courants d'appel

Signal/commande:

- Lignes longues, peuvent être isolées dans des centrales électriques
- Présence probable de circuits sous canalisation
- Possibilité de couplage serré avec appareillage
- Exposition à l'environnement extérieur
- Exposition significative à la foudre

Terre:

- Interface avec des réseaux étendus
- Réseaux de terre maillés de grande surface, généralement bien protégés
- Réseaux de terre maillés séparés et interconnectés
- Importantes boucles de terre
- Possibilité de forts courants de défaut à la terre

NOTE – Cette classe peut être représentative d'un emplacement industriel lourd, d'une centrale électrique ou d'un poste extérieur.

A.5 Location class type 5

Attributes of media and associated ports

Enclosure:

- No amateur radio closer than 20 m
- No broadcast transmitter operating below 1,6 MHz closer than 5 km
- Close proximity to high-power ISM
- Close proximity to MV and HV power-switching and disconnect devices
- High probability of hand-held transmitters and paging systems
- Close proximity of arc welders
- Proximity of MV cables

AC power:

- Underground cables for medium-power plants
- Dedicated HV station for high-power plants
- Possibility of dedicated feeders
- Possibility of own generation
- Resident power factor correction
- Large ASD systems
- Operation of disconnect switches
- Arc furnaces
- High-inrush loads
- Possibility of high fault currents

DC power:

- Rectifier with battery
- Switched inductive loads
- High-inrush loads

Signal/control:

- Far-reaching lines; can be isolated in power plants
- Conduit runs likely
- Possibility of tight coupling with power-switching devices
- Outdoor exposure
- Increased lightning exposure

Earth:

- Interface with extensive networks
- Extensive ground mats, generally well-controlled
- Interconnected separate ground mats
- Large ground loops
- Possibility of large ground fault currents

NOTE – This class may be typical of a heavy industrial location, a generating station or a switch-yard.

Tableau A.5 – Classe d'emplacement de type 5

Phénomène		Pour les détails, voir tableau	Degrés de perturbation pour cinq accès				
			Enveloppe	Alimentation c.a.	Alimentation c.c.	Commande et signalisation	Terre
Conduits BF	Taux de distorsions d'harmoniques	2	—	2	—	—	—
	Signalisation 0,1-3 kHz 3-95 kHz 95-500 kHz	3	—	1	1	—	—
			—	1	1	—	—
			—	1	1	—	—
	Fluctuations de tension	4	—	2	1	—	—
	Creux de tension		—	2	1	—	—
	Microcoupures		—	2	A	—	—
	Déséquilibre de tension		—	1	—	—	—
	Variations de fréquence	—	—	1	—	—	—
	BF induites	5	—	—	3	4	3
	Courant continu dans le réseau c.a.	*	—	*	*	*	—
Champ magnétique BF	Courant continu	6	3	—	—	—	—
	Ferroviaire		2	—	—	—	—
	Réseau d'énergie		3	—	—	—	—
	Harmoniques réseau		3	—	—	—	—
	d'énergie sans rapport avec le réseau		1	—	—	—	—
Champ électrique BF	Lignes en courant continu	7	4	—	—	—	—
	Ferroviaire (16 2/3 Hz)		4	—	—	—	—
	Réseau d'énergie (50-60 Hz)		4	—	—	—	—
Onde entretenue HF induite	10-150 kHz	8	—	3	3	4	*
	0,1-30 MHz		—	3	3	5	*
	30-150 MHz		—	3	3	3	*
Signalisation HF conduite	3-95 kHz	3	—	1	1	—	—
	95-500 kHz		—	2	1	—	—
Transitoires HF unidirectionnels conduits	Nanosecondes	9	—	3	3	2	—
	Microsecondes, proche		—	3	2	3	*
	Microsecondes, distant		—	2	2	3	*
	Millisecondes		—	2	2	—	*
Transitoires HF oscillatoires rayonnés	Haute fréquence	10	—	3	—	2	*
	Moyenne fréquence		—	2	—	2	*
	Basse fréquence		—	3	—	—	*
Oscillatoires HF rayonnés	Toutes sources	11	5	—	—	—	—
	9 kHz-27 MHz		—	—	—	—	—
	Bande CB 27 MHz		2	—	—	—	—
	Radio amateur toutes bandes		3	—	—	—	—
	27-1 000 MHz portatif sauf CB		4	—	—	—	—
	27-1 000 MHz mobile sauf CB		2	—	—	—	—
	27-1 000 MHz tous les autres		2	—	—	—	—
	1-40 GHz toutes sources		3	—	—	—	—
Impulsions HF rayonnées	Coup de foudre distant lié au réseau d'énergie	12	2	—	—	—	—
			4	—	—	—	—
			4	—	—	—	—
DES	Lente	13 et 14	2	—	—	—	—
	Rapide		2	—	—	—	—

* A l'étude.

** Le tableau 12 fait une distinction entre les deux types de postes.

Table A.5 – Location class type 5

Phenomenon		For details, see table	Disturbance degrees for five ports				
			Enclosure	AC power	DC power	Control and signalling	Earth
LF-conducted	Total harmonics distortion	2	–	2	–	–	–
	Signalling	3	–	1	1	–	–
	0,1-3 kHz			1	1	–	–
	3-95 kHz			1	1	–	–
	95-500 kHz						
	Voltage fluctuations	4	–	2	1	–	–
	Voltage dips		–	2	1	–	–
	Short interruptions		–	2	A	–	–
LF magnetic field	Voltage unbalance		–	1	–	–	–
	Frequency variations		–	1	–	–	–
	Induced LF	5	–	–	3	4	3
	DC in a.c. networks	*	–	*	*	*	–
LF electric field	DC	6	3	–	–	–	–
	Railway		2	–	–	–	–
	Power system		3	–	–	–	–
	Power system harmonics not power system related		3	–	–	–	–
			1	–	–	–	–
HF-conducted induced CW	DC lines	7	4	–	–	–	–
	Railway (16 2/3 Hz)		4	–	–	–	–
	Power system (50-60 Hz)		4	–	–	–	–
HF-conducted induced CW	10-150 kHz	8	–	3	3	4	*
	0,1-30 MHz		–	3	3	5	*
	30-150 MHz		–	3	3	3	*
HF-conducted signalling	3-95 kHz	3	–	1	1	–	–
	95-500 kHz		–	2	1	–	–
HF-conducted unidirectional transients	Nanoseconds	9	–	3	3	2	–
	Microseconds, close		–	3	2	3	*
	Microseconds, distant		–	2	2	3	*
	Milliseconds		–	2	2	–	*
HF-conducted oscillatory transients	High frequency	10	–	3	–	2	*
	Medium frequency		–	2	–	2	*
	Low frequency		–	3	–	–	*
HF-radiated oscillatory	9 kHz-27 MHz any source	11	6	–	–	–	–
	27 MHz band CB		2	–	–	–	–
	Amateur radio all bands		3	–	–	–	–
	27-1 000 MHz portable except CB		4	–	–	–	–
	27-1 000 MHz mobile except CB		2	–	–	–	–
	27-1 000 MHz all others		2	–	–	–	–
	1-40 GHz all sources		3	–	–	–	–
HF-radiated pulsed	Lightning, distant	12	2	–	–	–	–
	Gas-insulated substation		4	–	–	–	–
	Air insulated substation**		4	–	–	–	–
	power-system related		4	–	–	–	–
ESD	Slow	13 and 14	2	–	–	–	–
	Fast		2	–	–	–	–

* Under consideration.

** Table 12 makes a distinction between the two types of substations.