

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
1000-1-1**

Première édition  
First edition  
1992-04

---

---

**Compatibilité électromagnétique (CEM)**

**Partie 1:**

Généralités

Section 1: Application et interprétation  
de définitions et termes fondamentaux

**Electromagnetic compatibility (EMC)**

**Part 1:**

General

Section 1: Application and interpretation  
of fundamental definitions and terms



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1000-1-1: 1992

## 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  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
1000-1-1**

Première édition  
First edition  
1992-04

---

---

**Compatibilité électromagnétique (CEM)**

**Partie 1:**

Généralités

Section 1: Application et interprétation  
de définitions et termes fondamentaux

**Electromagnetic compatibility (EMC)**

**Part 1:**

General

Section 1: Application and interpretation  
of fundamental definitions and terms

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

U

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

## SOMMAIRE

|                                                                                        | Pages |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                                     | 4     |
| INTRODUCTION .....                                                                     | 6     |
| <br>Articles                                                                           |       |
| 1 Domaine d'application .....                                                          | 8     |
| 2 Définition des termes .....                                                          | 8     |
| 2.1 Termes de base .....                                                               | 8     |
| 2.2 Termes composés .....                                                              | 10    |
| 2.3 Termes de relation .....                                                           | 12    |
| 3 Application des termes et définitions de la CEM .....                                | 12    |
| 3.1 Généralités .....                                                                  | 12    |
| 3.2 Relation entre les différents niveaux .....                                        | 12    |
| 3.2.1 Niveau et limite d'émission et d'immunité .....                                  | 12    |
| 3.2.2 Niveau de compatibilité .....                                                    | 16    |
| 3.3 Aspects de probabilités et marges .....                                            | 24    |
| 3.3.1 Essai normalisé .....                                                            | 26    |
| 3.3.2 Essai <i>in situ</i> , superposition .....                                       | 28    |
| 3.3.3 Carence en données .....                                                         | 32    |
| <br>Annexes                                                                            |       |
| A Interprétation des termes et définitions de la compatibilité électromagnétique ..... | 34    |
| B Essai normalisé et essai <i>in situ</i> .....                                        | 54    |
| Références .....                                                                       | 58    |

## CONTENTS

|                                                     | Page |
|-----------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                      | 5    |
| INTRODUCTION .....                                  | 7    |
| Clause                                              |      |
| 1 Scope .....                                       | 9    |
| 2 Definition of terms .....                         | 9    |
| 2.1 Basic terms .....                               | 9    |
| 2.2 Combined terms .....                            | 11   |
| 2.3 Interrelated terms .....                        | 13   |
| 3 Application of EMC terms and definitions .....    | 13   |
| 3.1 General .....                                   | 13   |
| 3.2 Relation between various levels .....           | 13   |
| 3.2.1 Emission and immunity level/limit .....       | 13   |
| 3.2.2 Compatibility level .....                     | 17   |
| 3.3 Probability aspects and margins .....           | 25   |
| 3.3.1 Standardized test .....                       | 27   |
| 3.3.2 <i>In situ</i> test, superposition .....      | 29   |
| 3.3.3 Lack of data .....                            | 33   |
| Annexes                                             |      |
| A Interpretation of EMC terms and definitions ..... | 35   |
| B Standardized and <i>in situ</i> tests .....       | 55   |
| References .....                                    | 59   |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM)

#### Partie 1: Généralités

#### Section 1: Application et interprétation de définitions et termes fondamentaux

##### AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique entre les matériels électriques, y compris les réseaux.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois | Rapport de vote |
|--------------------|-----------------|
| 77(BC)37           | 77(BC)38        |

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC)

## Part 1: General

Section 1: Application and interpretation  
of fundamental definitions and terms

## FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This Report has been prepared by IEC Technical Committee No. 77: Electromagnetic compatibility between electrical equipment including networks.

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

| Six Months' Rule | Report on Voting |
|------------------|------------------|
| 77(CO)37         | 77(CO)38         |

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

## INTRODUCTION

La CEI 1000 est publiée sous forme de plusieurs parties conformément à la structure suivante:

### Partie 1: Généralités

Considérations générales (Introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

### Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

### Partie 3: Limites

Limites d'émission

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

### Partie 4: Techniques d'essais et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

### Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation

Guides d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

### Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en sections qui seront publiées soit comme Normes Internationales, soit comme Rapports techniques.

Ces normes et rapports seront publiés chronologiquement.

Cette section est identifiée par l'ACEC comme une publication fondamentale de la CEI.



## INTRODUCTION

IEC 1000 is published in separate parts according to the following structure:

### Part 1: General

- General considerations (introduction, fundamental principles)
- Definitions, terminology

### Part 2: Environment

- Description of the environment
- Classification of the environment
- Compatibility levels

### Part 3: Limits

- Emission limits
- Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

### Part 4: Testing and measurement techniques

- Measurement techniques
- Testing techniques

### Part 5: Installation and mitigation guidelines

- Installation guidelines
- Mitigation methods and devices

### Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into sections which can be published either as International Standards or Technical Reports.

These standards and reports will be published in chronological order.

This section is identified by ACEC as a basic EMC publication.

# COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM)

## Partie 1: Généralités

### Section 1: Application et interprétation de définitions et termes fondamentaux

#### 1 Domaine d'application

Le présent rapport a pour objet de donner une description et une interprétation de divers termes jugés fondamentaux pour les concepts et l'application pratique dans le domaine de la conception et de l'évaluation des systèmes électromagnétiquement compatibles. De plus, le présent rapport attire l'attention sur la distinction qu'il convient de faire entre les essais de compatibilité électromagnétique faits dans une installation d'essai normalisée et ceux faits sur le site sur lequel un dispositif (appareil ou système) est installé (mesures *in situ*).

Les termes à prendre en considération et leurs définitions sont donnés à l'article 2, et reposent sur le chapitre 161 du Vocabulaire Electrotechnique International [1]\*. L'application de ces termes est exposée à l'article 3, tandis qu'une interprétation des définitions est donnée en annexe.

#### 2 Définition des termes

Les termes importants dans le contexte du présent rapport sont définis ci-dessous. Chaque définition est suivie de sa référence VEI, lorsque cette définition et la note qui l'accompagne éventuellement sont identiques à celles données en [1]. Si tel n'est pas le cas, la référence VEI est suivie de «/A», ou il est précisé que le terme en question n'est pas défini dans la CEI 50(161).

Les termes et définitions peuvent se répartir en trois groupes:

- 1) **Termes de base**, comme compatibilité électromagnétique, émission, immunité et niveau;
- 2) **Termes composés**, combinant des termes de base, par exemple niveau d'émission, niveau de compatibilité et limite d'immunité;
- 3) **Termes de relation**, mettant en relation des termes composés, par exemple marge d'émission et marge de compatibilité.

##### 2.1 Termes de base

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

Note/A: En général, cet ensemble dépend du temps et sa description peut exiger une approche statistique.

**perturbation électromagnétique; parasite** (électromagnétique) (161-01-05): 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.

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

\* Les chiffres entre crochets se rapportent aux références données en page 64.

# ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC)

## Part 1: General

### Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms

#### 1 Scope

The object of this report is to describe and interpret various terms considered to be of basic importance to concepts and practical application in the design and evaluation of electromagnetically compatible systems. In addition, attention is drawn to the distinction between electromagnetic compatibility (EMC) tests carried out in a standardized set-up and those carried out at the location where a device (equipment or system) is installed (*in situ* tests).

The terms and their definitions are given in clause 2, with reference to chapter 161 of the IECV [1]. The application of the terms is described in clause 3 and an interpretation of their definitions is presented in the annexes.

#### 2 Definition of terms

The terms of importance in the context of this report are defined below. Each definition is followed by its IECV number when it is identical with the definition (and any note accompanying it) given in [1]\*. Where it differs, the IECV number is followed by "/A", or it is indicated that the term has not been defined in IEC 50(161).

The terms and their definitions can be divided into three groups:

- 1) **Basic terms**, for example electromagnetic compatibility, emission, immunity and level;
- 2) **Combined terms**, which combine basic terms, for example emission level, compatibility level and immunity limit.
- 3) **Interrelated terms**, which interrelate combined terms, for example emission margin and compatibility margin.

##### 2.1 Basic terms

**electromagnetic environment** (161-01-01): The totality of electromagnetic phenomena existing at a given location.

Note/A: In general, this totality is time dependent and its description may need a statistical approach.

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

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

\* The figures in square brackets indicate the references listed in page 64.

**brouillage électromagnétique** (161-01-06): Trouble apporté au fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par une perturbation électromagnétique.

Note/A: Perturbation et brouillage sont respectivement la cause et l'effet.

#### NOTES

- 1 En anglais, les mots «interference» et «disturbance» sont souvent utilisés indifféremment.
- 2 En français, on emploie aussi le terme «perturbation électromagnétique» dans le sens de «brouillage électromagnétique».
- 3 En russe, les termes «vozmuschenie» et «pomeha» sont souvent utilisés dans le même sens.

**compatibilité électromagnétique; CEM** (abréviation) (161-01-07): Aptitude 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.

**émission (électromagnétique)** (161-01-08): Processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur.

**dégradation** (de fonctionnement) (161-01-19): Ecart non désiré des caractéristiques de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par rapport aux caractéristiques attendues.

NOTE - Une dégradation peut être un défaut de fonctionnement temporaire ou permanent.

**immunité** (à une perturbation) (161-01-20): Aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation de qualité en présence d'une perturbation électromagnétique.

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

NOTE - La susceptibilité est un manque d'immunité.

**niveau** (d'une quantité) (non défini dans la CEI 50(161): Valeur d'une quantité évaluée d'une manière spécifiée.

NOTE - Le niveau d'une quantité peut être exprimé en unités logarithmiques, par exemple en décibels par rapport à une valeur de référence.

## 2.2 Termes composés

**niveau d'émission** (d'une source perturbatrice) (161-03-11): Niveau d'une perturbation électromagnétique de type donné, émise par un dispositif, appareil ou système particulier et mesurée d'une manière spécifiée.

**limite d'émission** (d'une source perturbatrice) (161-03-12/A): Valeur maximale admise du niveau d'émission.

**niveau d'immunité** (161-03-14/A): Niveau maximal d'une perturbation électromagnétique de type donné, agissant sur un dispositif, appareil ou système d'une manière spécifiée, de manière à n'engendrer aucune dégradation du fonctionnement.

**electromagnetic interference; EMI** (abbreviation) (161-01-06): Degradation of the performance of a device, equipment or system caused by an electromagnetic disturbance.

Note/A: Disturbance and interference are cause and effect respectively.

#### NOTES

- 1 The English words "interference" and "disturbance" are often used indiscriminately.
- 2 In French, the term "perturbation électromagnétique" is also used with the meaning of "brouillage électromagnétique".
- 3 In Russian, the terms "vozmuschenie" and "pomeha" are often used with the same meaning.

**electromagnetic compatibility; EMC** (abbreviation) (161-01-07): The ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment.

**(electromagnetic) emission** (161-01-08): The phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source.

**degradation** (of performance) (161-01-19): An undesired departure in the operational performance of any device, equipment or system from its intended performance.

NOTE - The term "degradation" can apply to temporary or permanent failure.

**immunity** (to a disturbance) (161-01-20): The ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance.

**(electromagnetic) susceptibility** (161-01-21): The inability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance.

NOTE - Susceptibility is a lack of immunity.

**level** (of a quantity) (not defined in IEC 50(161): The magnitude of a quantity evaluated in a specified manner.

NOTE - The level of a quantity may be expressed in logarithmic units, for example decibels with respect to a reference value.

## 2.2 Combined terms

**emission level** (of a disturbing source) (161-03-11): The level of a given electromagnetic disturbance emitted from a particular device, equipment or system, measured in a specified way.

**emission limit** (from a disturbing source) (161-03-12/A): The maximum permissible emission level.

**immunity level** (161-03-14/A): The maximum level of a given electromagnetic disturbance, incident in a specified way on a particular device, equipment or system, at which no degradation of operation occurs.

**limite d'immunité** (161-03-15/A): Valeur minimale requise du niveau d'immunité.

**niveau de perturbation** (non défini dans la CEI 50(161): Niveau d'une perturbation électromagnétique de forme donnée, mesurée de manière spécifiée.

**niveau de compatibilité** (électromagnétique) (161-03-10/A): Niveau de perturbation spécifié pour lequel il existe une forte et acceptable probabilité de compatibilité électromagnétique.

### 2.3 Termes de relation

**marge d'émission** (161-03-13/A): Rapport d'un niveau de compatibilité électromagnétique à la limite d'émission.

**marge d'immunité** (161-03-16/A): Rapport de la limite d'immunité au niveau de compatibilité électromagnétique.

**marge de compatibilité (électromagnétique)** (161-03-17/A): Rapport de la limite d'immunité à la limite d'émission.

Note/A: La marge de compatibilité est le produit de la marge d'émission et de la marge d'immunité.

Note générale: Si les niveaux sont exprimés en dB(...), on doit lire, dans les définitions relatives à la marge ci-dessus, «différence» au lieu de «rapport» et «somme» au lieu de «produit».

## 3 Application des termes et définitions de la CEM

### 3.1 Généralités

Les définitions données à l'article 2 sont des définitions fondamentales théoriques. Lorsqu'elles sont appliquées dans un cas particulier pour attribuer aux niveaux des valeurs spécifiques, divers aspects doivent être pris en considération. Certains sont exposés dans le présent article, ainsi que des exemples permettant de mieux les comprendre. Pour l'interprétation des divers termes employés, se reporter aux annexes A et B.

Les composants d'un système de base peuvent se subdiviser en deux groupes:

- 1) les *émetteurs*, autrement dit les dispositifs, appareils ou systèmes qui produisent des tensions, courants ou champs potentiellement perturbateurs, et
- 2) les *dispositifs susceptibles*, autrement dit les dispositifs, équipements ou systèmes dont le fonctionnement peut être dégradé sous l'effet de ces émissions.

Certains dispositifs peuvent appartenir simultanément aux deux groupes.

### 3.2 Relation entre les différents niveaux

#### 3.2.1 Niveau et limite d'émission et d'immunité

La figure 1 représente une combinaison possible d'un niveau d'émission et d'un niveau d'immunité et les limites correspondantes, en fonction d'une variable indépendante quelconque, par exemple la fréquence, pour un même type d'émetteur et un même type de dispositif susceptible.

**immunity limit** (161-03-15/A): The minimum required immunity level.

**disturbance level** (not defined in IEC 50(161): The level of a given electromagnetic disturbance, measured in a specified way.

**(electromagnetic) compatibility level** (161-03-10/A): The specified disturbance level at which an acceptable, high probability of electromagnetic compatibility should exist.

### 2.3 *Interrelated terms*

**emission margin** (161-03-13/A): The ratio of the electromagnetic compatibility level to the emission limit.

**immunity margin** (161-03-16/A): The ratio of the immunity limit to the electromagnetic compatibility level.

**(electromagnetic) compatibility margin** (161-03-17/A): The ratio of the immunity limit to the emission limit.

Note/A: the compatibility margin is the product of the emission margin and the immunity margin.

General note: If the levels are expressed in dB(...), in the above margin definitions "difference" should be read instead of "ratio" and "sum" instead of "product".

## 3 **Application of EMC terms and definitions**

### 3.1 *General*

The definitions given in clause 2 are basic, conceptual definitions. When they are applied to assign specific values to the levels in a particular case, several considerations should be borne in mind. A number of these are given in this section, together with examples which will elucidate them. For an interpretation of the various terms used, see annexes A and B.

The basic devices of systems can be divided into two groups

- 1) *emitters*, i.e. devices, equipment or systems which emit potentially disturbing voltages, currents or fields, and
- 2) *susceptors*, i.e. devices, equipment or systems whose operation might be degraded by those emissions.

Some devices may belong simultaneously to both groups.

### 3.2 *Relation between various levels*

#### 3.2.1 *Emission and immunity level/limit*

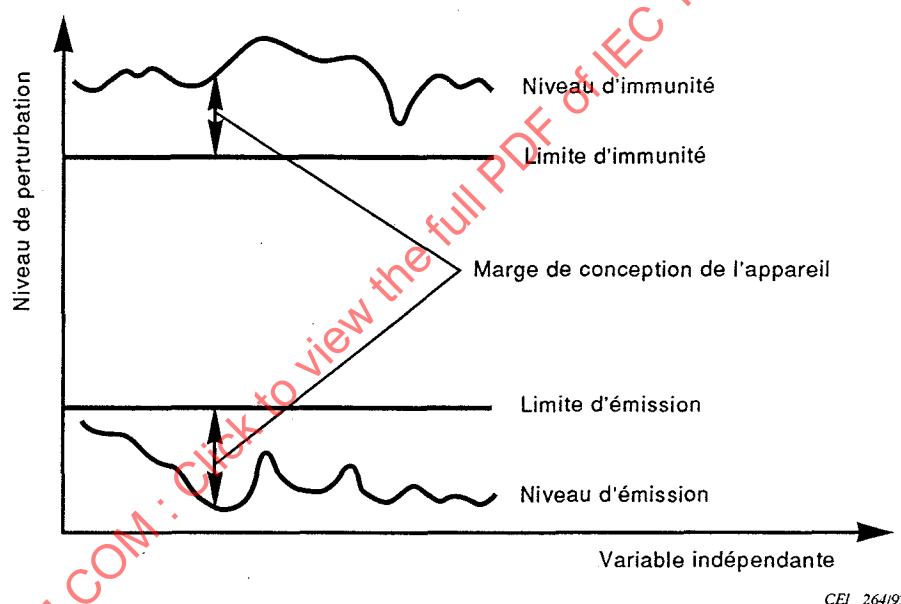
Figure 1 shows a possible combination of an emission and an immunity level and their associated limits as a function of some independent variable, for example the frequency, for a single type of emitter and a single type of susceptor.

Sur la figure 1, le niveau d'émission est toujours inférieur au niveau maximal admissible, soit la limite d'émission, et le niveau d'immunité est toujours supérieur au niveau minimal requis, autrement dit la limite d'immunité. De ce fait, l'émetteur et le dispositif susceptible sont conformes aux limites qui leur ont été assignées. De plus, la limite d'immunité choisie est supérieure à la limite d'émission, et on a supposé que les niveaux et les limites sont des fonctions continues de la variable indépendante. Ces niveaux et les limites peuvent aussi être des fonctions discrètes d'une variable indépendante quelconque (voir exemple 1 en 3.2.2).

Les aspects suivants doivent être pris en considération.

#### Aspect A

En représentant les niveaux d'émission et d'immunité (et les limites correspondantes) sur une même figure, il faut supposer que l'on ne considère qu'une seule perturbation de forme déterminée, sauf s'il est clairement indiqué que différentes perturbations sont envisagées et que la relation entre les différentes perturbations est également indiquée.



CEI 264/92

Figure 1 – Limites et niveaux pour un émetteur et un dispositif susceptible uniques, en fonction d'une variable indépendante quelconque (par exemple la fréquence)

#### Aspect B

La représentation des niveaux d'émission et d'immunité sur une même figure n'est justifiée que lorsqu'il existe une bonne similitude entre la manière suivant laquelle le niveau d'émission de la perturbation considérée et la manière suivant laquelle ce type de perturbation agit sur l'appareil testé sont spécifiées. La figure 1 indique dans ce cas une situation de compatibilité électromagnétique.



In figure 1 the emission level is always lower than its maximum permissible level, i.e. the emission limit, and the immunity level is always higher than its minimum required level, i.e. the immunity limit. Hence, the emitter and the susceptor comply with their prescribed limit. In addition the immunity limit has been chosen above the emission limit, and it has been assumed that the levels and limits are continuous functions of the independent variable. These levels and limits may also be discrete functions of some independent variable, see example 1 in 3.2.2.

The following considerations should be kept in mind.

#### Consideration A

By drawing the emission and immunity level (and the associated limits) in one figure it is assumed that only one particular disturbance is considered, unless it is clearly indicated that different disturbances are considered and the relationship between the different disturbances is also indicated.

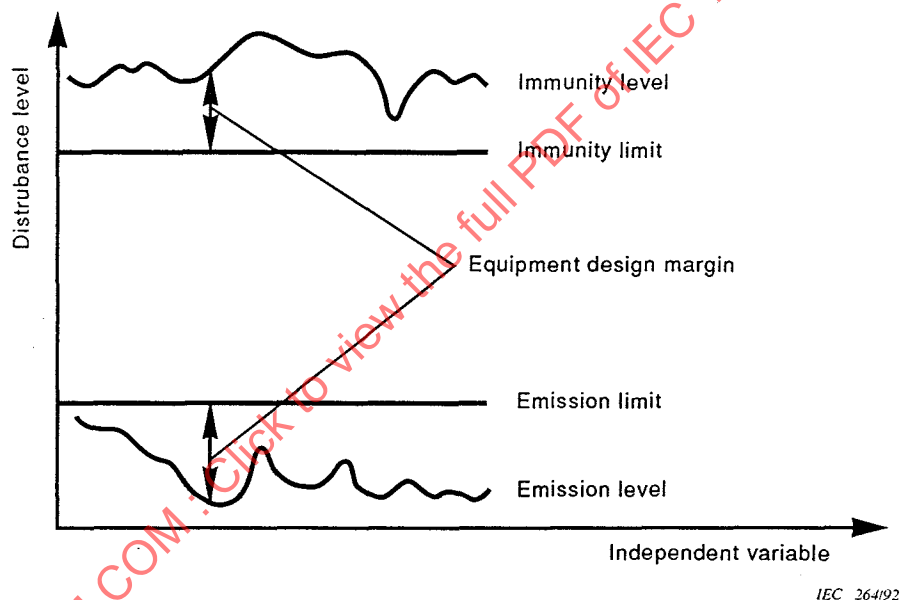


Figure 1 – Limits and levels for a single emitter and susceptor as a function of some independent variable (e.g. the frequency)

#### Consideration B

Drawing the emission and immunity level in one figure is only relevant when there is a good interrelation between the specified way the emission level of the particular disturbance is measured and the specified way that type of disturbance is incident on the equipment under test. If this is the case, figure 1 indicates an electromagnetically compatible situation.

Sur la figure 1, on peut voir une certaine marge entre un niveau mesuré et la limite correspondante. Cette marge peut être appelée «marge de conception de l'appareil». Il s'agit d'une marge supplémentaire de la conception, visant à assurer la conformité à la limite si l'on effectue des essais de CEM. En dépit de l'importance qu'elle peut présenter pour les fabricants, cette marge n'a pas été définie dans la CEI 50(161) ni dans le présent rapport, car les questions de conception des appareils sont du ressort exclusif des fabricants.

### 3.2.2 Niveau de compatibilité

La figure 2 représente la limite d'émission et d'immunité de la figure 1, ainsi qu'un niveau de compatibilité situé entre ces limites. Les lignes en pointillés indiquent un niveau d'émission et d'immunité possible pour *un seul* émetteur et *un seul* dispositif susceptible. Là encore, l'aspect A, de 3.2.1, est applicable.

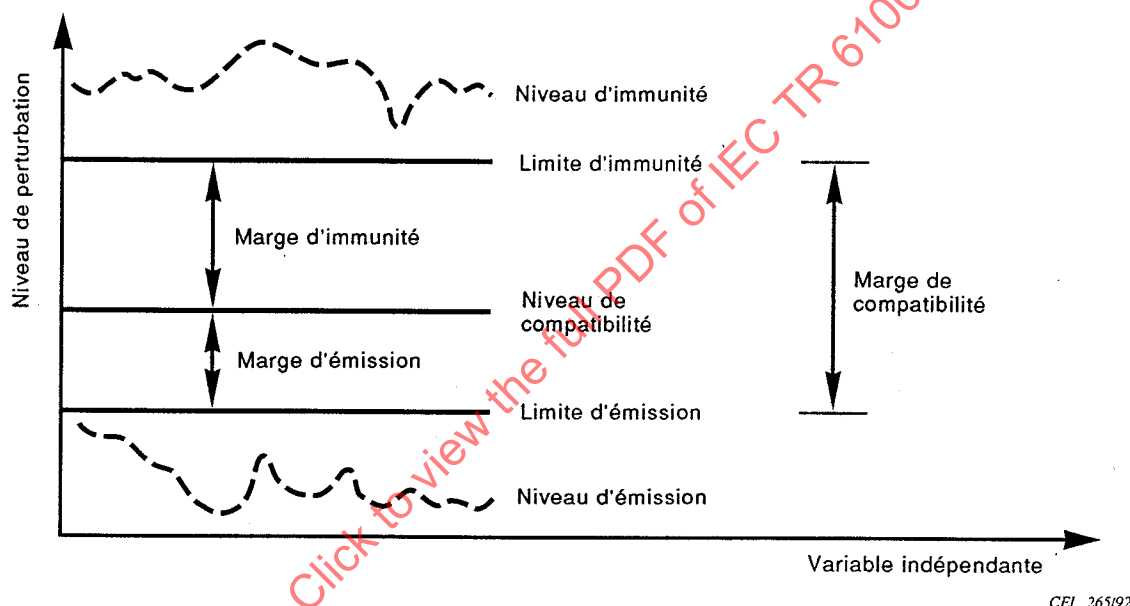


Figure 2 Limites d'émission ou d'immunité et niveau de compatibilité, dans un exemple avec *un seul* émetteur et *un seul* dispositif susceptible, en fonction d'une variable indépendante quelconque (par exemple la fréquence)

Les aspects supplémentaires suivants sont à prendre en considération:

#### Aspect C

Le niveau de compatibilité, qui est un niveau de perturbation spécifié, est exprimé dans l'unité correspondant à la limite d'émission. Si les limites d'émission et d'immunité ne se rapportent pas à la même perturbation (voir l'exemple 2 ci-dessous), le niveau de compatibilité peut être exprimé dans l'unité correspondant soit au niveau d'émission, soit au niveau d'immunité.

In figure 1 there is some margin between a measured level and its limit. This margin might be called the "equipment design margin", and is an additional margin in the design to ensure compliance with the limit if EMC testing is carried out. Although it is an important consideration for manufacturers, this margin has not been defined in IEC 50(161) [1] nor in this report, as equipment design issues are the prerogative of the manufacturer.

### 3.2.2 Compatibility level

Figure 2 shows the emission and the immunity limits of figure 1, and a compatibility level in between these limits. The dashed lines indicate a possible emission and immunity level for a *single* emitter and susceptor. Again consideration A, presented in 3.2.1, is valid.

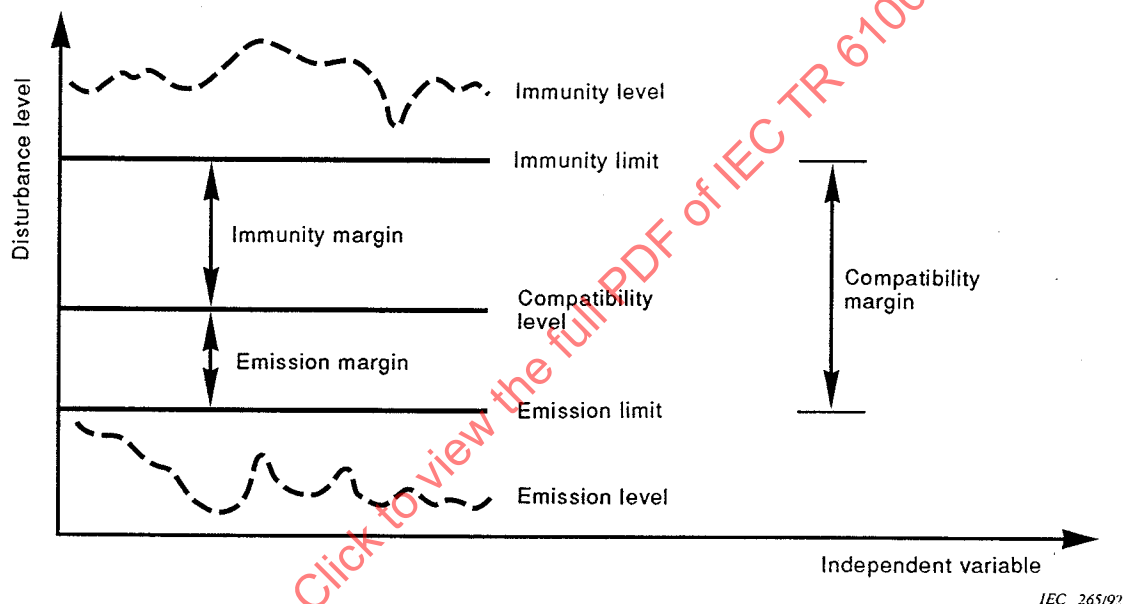


Figure 2 – Emission/immunity limits and compatibility level, with an example of emission/immunity levels for a *single* emitter and susceptor, as a function of some independent variable (e.g. the frequency)

The following additional considerations should be kept in mind:

#### Consideration C

The compatibility level, being a specified disturbance level, is expressed in the unit corresponding to the emission limit. If the emission and immunity limits do not refer to the same disturbance (see example 2 below), the compatibility level can be expressed in the unit corresponding to either the emission level or the immunity level.

#### Aspect D

Si l'environnement électromagnétique peut être contrôlé, on peut choisir au préalable un niveau de compatibilité. Ensuite, on déduit de ce niveau les limites d'émission et d'immunité, afin d'obtenir une probabilité suffisamment élevée de CEM dans cet environnement.

Cet aspect indique que, dans un environnement contrôlable, on peut réaliser la CEM de manière économique en choisissant initialement le niveau de compatibilité selon des critères financiers et techniques de façon à atteindre les limites d'émission et d'immunité appropriées pour tous les appareils installés, ou à installer, dans cet environnement.

#### Aspect E

Si l'environnement électromagnétique ne peut pas être contrôlé, le niveau est choisi en fonction des niveaux de perturbation existants ou attendus. Toutefois, il reste à établir les limites d'émission et d'immunité pour que les niveaux existants ou attendus de perturbation n'augmentent pas lors de l'installation d'un nouvel appareil et pour que cet appareil soit suffisamment immunisé. Si les calculs ou essais indiquent qu'une situation existante doit être améliorée, par suite des conséquences financières et techniques dues aux limites choisies, le niveau de compatibilité doit être ajusté ainsi que, par conséquent, les limites d'émission et d'immunité. A long terme, le niveau de compatibilité ajusté se traduira par un meilleur rapport coût-efficacité de l'ensemble du système.

#### Aspect F

La définition des limites à partir du niveau de compatibilité dépend de questions de probabilité examinées en 3.3. En général, ces limites ne sont pas à distances égales du niveau de compatibilité (voir aussi 3.3). Dans le A.6, le niveau de compatibilité est déterminé dans une situation idéale où les fonctions de densité de probabilité sont supposées connues.

Pour illustrer plusieurs aspects repris de 3.2.1 et 3.2.2, on donne deux exemples.

#### Exemple 1:

Supposons que l'on doive définir une limite d'immunité concernant des perturbations aux harmoniques de la fréquence secteur, pour un appareil connecté au réseau public basse tension. Supposons en outre que, pour l'appareil considéré, le réseau ne serve qu'à l'alimentation en énergie (pas de signalisation sur le réseau, etc.). Comme cet exemple n'est qu'une illustration de plusieurs aspects, on se bornera à examiner les harmoniques impairs.

Le niveau des perturbations harmoniques apparaissant dans un réseau public est difficile à contrôler. C'est pourquoi on considérera tout d'abord le niveau de compatibilité  $U_c$  de [2]. Dans [2], ce niveau est exprimé en pourcentage de la tension nominale et c'est l'approche qui est reprise ici (voir figure 3).

Pour que la probabilité d'obtention de la CEM soit forte et acceptable, deux conditions doivent être remplies:

- a) A chaque fréquence, le niveau de tension perturbatrice  $U_d$  du réseau, soit la tension perturbatrice produite par toutes les sources de perturbations connectées à ce réseau, doit présenter une forte probabilité de satisfaire la relation  $U_d < U_c$  aux points où  $U_c$  est spécifiée et pendant la plus grande partie du temps.
- b) A chaque fréquence, il doit exister une forte probabilité que le niveau d'immunité  $U_i$  de chaque appareil connecté au réseau satisfasse la relation  $U_i > U_c$ .

La première condition est largement remplie si l'on prend les niveaux de compatibilité de [2].

*Consideration D*

If the electromagnetic environment is controllable, a compatibility level may be chosen first. Following this, emission and immunity limits are derived from this level in order to ensure an acceptable, high probability of EMC in that environment.

This consideration indicates that in a controllable environment, EMC can be achieved in the most cost-effective way by initially choosing the compatibility level on financial and technical grounds in order to realize appropriate emission and immunity limits for all equipment (to be) installed in that environment.

*Consideration E*

If the electromagnetic environment is uncontrollable, the level is chosen on the basis of existing or expected disturbance levels. However, emission and immunity limits have still to be assessed, to ensure that the existing or expected disturbance levels will not increase when new equipment is installed and that such equipment is sufficiently immune. If tests or calculations indicate that an existing situation has to be improved, because of the financial and technical consequences of the chosen limits, the compatibility level has to be adjusted and consequently, the emission and immunity limits. In the long run the adjusted compatibility level will then result in a more cost-effective solution for the total system.

*Consideration F*

The determination of limits from the compatibility level is governed by probability considerations, discussed in 3.3. In general, these limits are not at equal distances from the compatibility level, see also 3.3. In clause 6 of annex A the compatibility level is determined for an idealized situation, where the probability density functions are assumed to be known.

Two examples are given to illustrate several considerations in 3.2.1 and 3.2.2.

*Example 1:*

Assume an immunity limit has to be determined with regard to disturbances at the harmonics of the mains frequency, for equipment connected to the public low-voltage network. In addition, assume that for the equipment under consideration the mains network only serves as an energy supply (no mains signalling etc.). As this example is only an illustration of several aspects, the discussions will be limited to the odd harmonics.

The level of the harmonic disturbances in a public network is not readily controllable. Therefore the discussions start by taking the compatibility level  $U_c$  from [2]. In [2] that level is given as a percentage of the rated voltage, and this approach is followed here (see figure 3).

To ensure an acceptable, high probability of EMC, two requirements have to be met:

- a) At each frequency, the disturbance voltage level  $U_d$  in the network, i.e. the disturbance voltage resulting from all disturbance sources connected to that network, should have a high probability of fulfilling the relation  $U_d < U_c$  at the locations where  $U_c$  is specified and for most of the time.
- b) At each frequency, there should be a high probability that the immunity level  $U_i$  of each appliance connected to the network fulfills the relation  $U_i > U_d$ .

The first requirement is largely met by taking the compatibility levels from [2].

La figure 3 indique également la limite d'émission d'une source de perturbations unique. Si l'on sait combien de sources contribuent à  $U_d$ , et comment les perturbations harmoniques s'additionnent, on peut donner une estimation de  $U_d$  dans ce réseau. L'intérêt est notable dans les cas où les niveaux sont contrôlables, car cette estimation débouche sur un premier choix de  $U_c$  pour ce réseau particulier. Bien entendu, le choix ultime dépend également des exigences d'immunité.

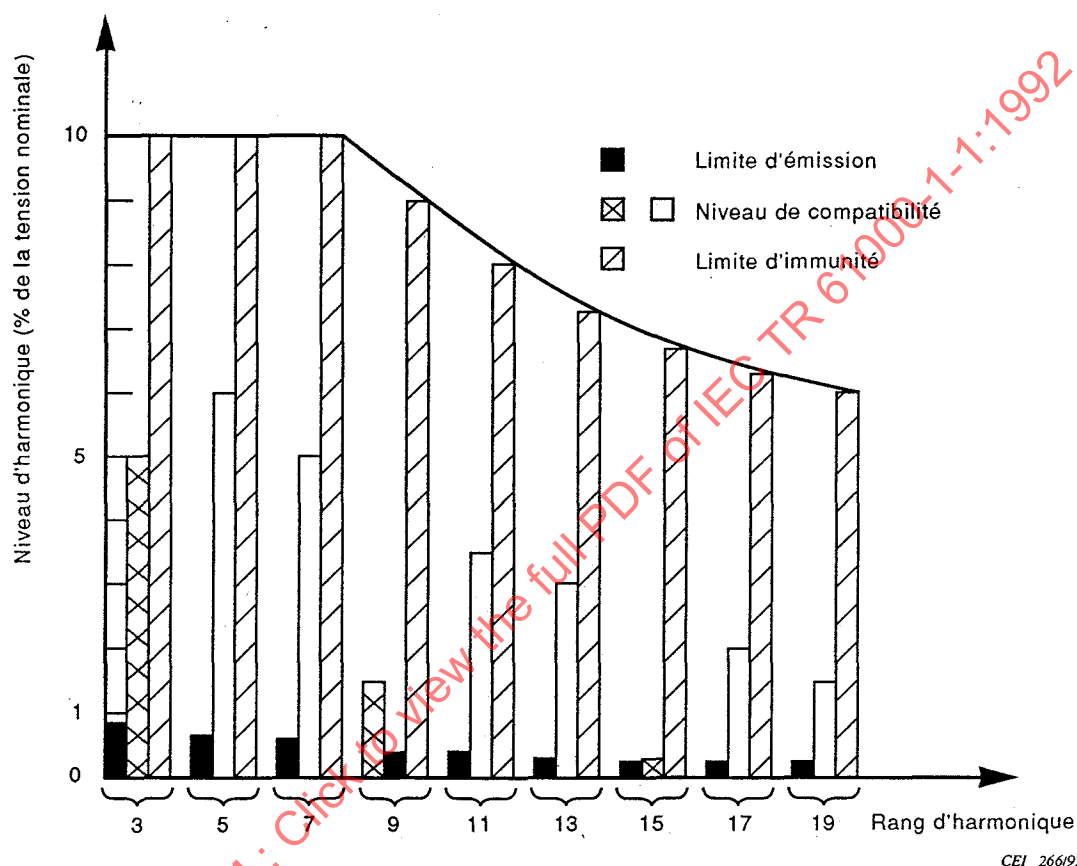
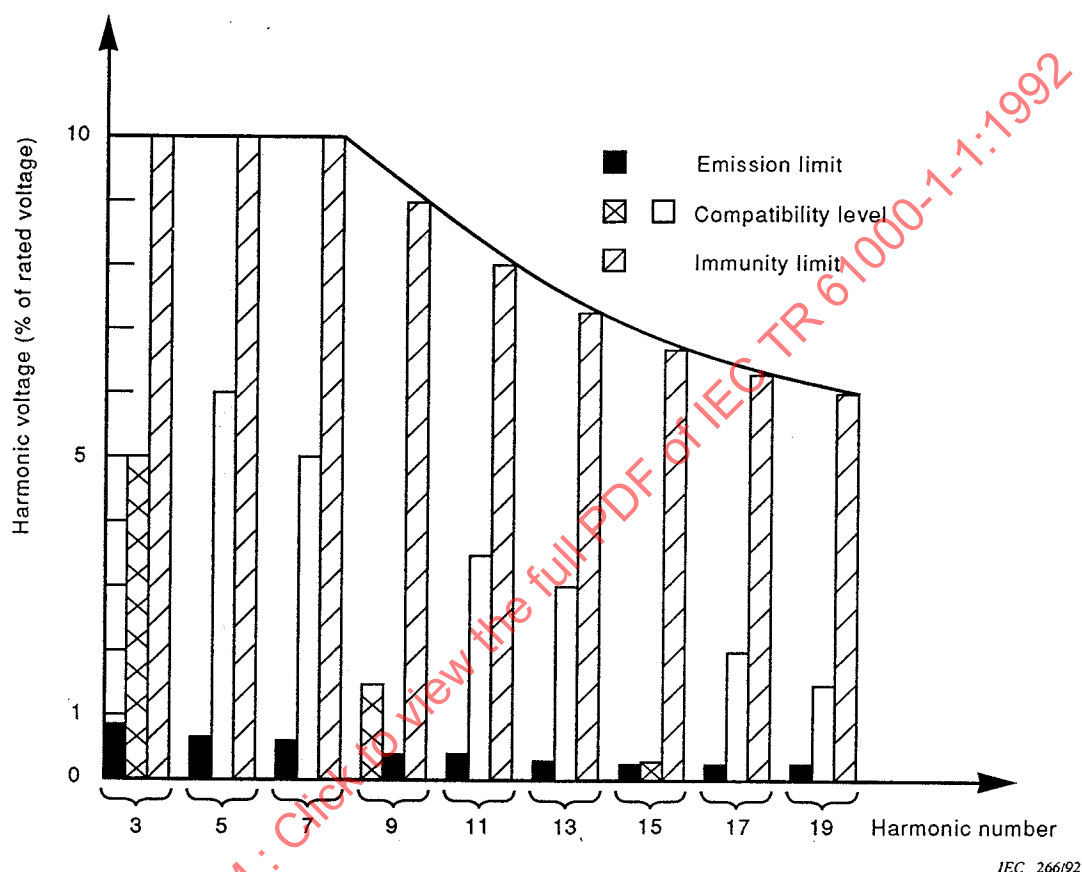


Figure 3 - Niveaux de compatibilité  $U_c$  pour les harmoniques impairs d'un réseau public basse tension et exemples de limite d'émission et de limite d'immunité correspondantes

La limite d'émission est également donnée pour illustrer un problème. Dans le tableau 1 de [3], la limite d'émission est indiquée en tant que courant harmonique maximal admissible, exprimé en ampères. Toutefois, la présentation de la figure 3 demande une limite d'émission exprimée en pourcentage de la tension nominale. Cette dernière limite peut être déduite de la première lorsque l'impédance du réseau est connue. Dans cet exemple, on suppose simplement que cette impédance est égale à l'impédance de référence, indiquée en [3]. En conséquence du raisonnement ci-dessus, les rapports de tension harmonique maximum, repris de [3] de l'annexe A sont reproduits sur la figure 3. Il est à noter que dans [2], on fait une distinction entre les harmoniques impairs qui sont un multiple de 3 et celles qui ne le sont pas. Dans [3], cette distinction ne s'applique pas à la limite d'émission.

Also given in figure 3 is an emission limit of a single disturbance source. If it is known how many sources contribute to  $U_d$  and it is also known how the harmonic disturbances add, then an estimate can be made of  $U_d$  in that network. This is of interest in cases where the levels are controllable, because this estimate leads to a first choice of  $U_c$  for that particular network. Of course, the final choice is also determined by the immunity requirements.



IEC 266/92

Figure 3 – Compatibility levels  $U_c$  for the odd harmonics in a public low-voltage network and examples of associated emission and immunity limits.

The emission limit is also given to illustrate a problem. In table 1 of [3] the emission limit is given as the maximum permissible harmonic current in amperes. However, the presentation in figure 3 requires an emission limit expressed in a percentage of the rated voltage. The latter limit can be derived from the first limit when the network impedance is known. In this example it is simply assumed that this impedance is equal to the reference impedance, given in [3]. In line with the above reasoning, the maximum harmonic voltage ratios given in annex A of [3] are plotted in figure 3. Note that in [2] a distinction is made between the odd harmonics that are a multiple of 3 and those that are not multiples of 3. In [3] this distinction is not made for the emission limit.



Le niveau de perturbations effectif dépend dans une large mesure du nombre de sources de perturbation, c'est-à-dire du nombre d'appareils *en service* connectés au réseau. Dans un réseau public à basse tension, le nombre de sources exerçant une influence notable est en général nettement plus important aux basses fréquences qu'aux hautes fréquences. De là, l'incertitude quant au niveau de perturbations effectif est nettement plus grande aux fréquences inférieures qu'aux fréquences supérieures. C'est ce qu'illustre la figure 3 où, à l'extrémité basses fréquences, la distance entre la limite d'émission (pour un dispositif unique) et le niveau de compatibilité (qui tient compte de la superposition des perturbations) est nettement supérieure à cette même distance à l'extrémité hautes fréquences. Cette distance, autrement dit la marge d'émission, sera examinée en 3.3.

Pour remplir la seconde condition, une limite d'immunité suffisamment élevée est nécessaire. Un exemple en est donné à la figure 3. Une distance entre cette limite et  $U_c$ , c'est-à-dire une marge d'immunité (voir 3.3), est nécessaire car:

- 1) il subsiste une faible probabilité qu'à certains endroits et à certains intervalles de temps, le niveau de perturbation soit supérieur au niveau de compatibilité;
- 2) l'impédance interne  $Z_i$  de la source de perturbation employée dans l'essai d'immunité ne sera en général pas égale à l'impédance interne du réseau proprement dit. (L'examen de la valeur de  $Z_i$  à employer dans l'essai d'immunité sort du cadre du présent rapport.)

Il est possible de spécifier une limite continue pour le niveau d'immunité, comme cela est illustré dans la figure 3. Cela présente l'avantage que la limite s'applique également aux harmoniques pairs, aux interharmoniques intermédiaires, et à toutes les autres perturbations de la plage de fréquences donnée. On peut choisir une fonction continue car, au début de cet exemple, on a supposé que le réseau ne sert qu'à l'alimentation en énergie, autrement dit qu'il n'existe pas sur le réseau d'appareil utilisant des fréquences différentes de la fréquence fondamentale du réseau. Pour les besoins des essais, il peut être nécessaire de convertir les pourcentages représentant la limite d'immunité à la figure 3 en valeurs absolues.

#### Exemple 2:

Dans cet exemple, on verra que dans certains cas, les niveaux et les limites d'émission, de compatibilité et d'immunité peuvent être exprimés dans des unités différentes.

On considère l'immunité aux champs radioélectriques d'un appareil dont les dimensions sont faibles par rapport à la longueur d'onde de ce champ radioélectrique. Chacun sait que l'immunité de l'appareil dépend dans une large mesure de l'immunité aux courants en mode commun induits dans les fils connectés à cet appareil [4]. C'est pourquoi les phénomènes rayonnés et conduits, qui sont reliés, doivent être considérés lorsqu'il s'agit d'examiner les moyens de réaliser la compatibilité électromagnétique.

En ce qui concerne le 3.2.1, comme des études complémentaires ont établi une relation entre l'intensité du champ électrique et la f.e.m., il est possible d'exprimer le niveau d'émission indiqué à la figure 1 comme l'intensité du champ électrique (en dB ( $\mu V/m$ ), par exemple) et le niveau d'immunité comme la force électromotrice (en dB ( $\mu V$ ) par exemple) d'une source de perturbation, par exemple un générateur utilisé dans le test d'immunité.



The actual disturbance level strongly depends on the number of disturbance sources, i.e. on the number of *operating* appliances connected to the network. In a public low-voltage network the number of sources that may contribute significantly is generally much larger at the low-frequency end than at the high-frequency end. Hence, the uncertainty about the actual disturbance level at lower frequencies is much greater than that at higher frequencies. This is reflected in figure 3, where at the low-frequency end the distance between the emission limit (for a single device) and the compatibility level (which takes the superposition of disturbances into account) is much larger than the distance at the high-frequency end. This distance, i.e. the emission margin, will be discussed in 3.3.

To meet the second requirement a sufficiently strict immunity limit is needed, of which an example is given in figure 3. A distance between this limit and  $U_c$ , i.e. an immunity margin (see 3.3), is needed because:

- 1) there is still a small probability that at a certain location and during a certain time interval the disturbance level will be above the compatibility level;
- 2) the internal impedance  $Z_i$  of the disturbance source used in the immunity test will not, in general, be equal to the internal impedance of the actual network. (A discussion about the value of  $Z_i$  to be used in the immunity test is beyond the scope of this report.)

It is possible to specify a continuous immunity limit as illustrated in figure 3. This has the advantage that the even harmonics, the inter-harmonics and all other disturbances in the given frequency range can be considered. A continuous function could be chosen as it was assumed at the beginning that the network served only as an energy supply, i.e. no mains signalling is present. For test purposes there may be a need to convert the percentages in which the immunity limit is given in figure 3 to absolute values.

#### Example 2:

There are cases where emission, compatibility and immunity levels and limits may be expressed in different units.

Consider the immunity to RF fields of equipment having dimensions small compared to the wavelength of that RF field. It is well known that the equipment immunity is determined largely by the immunity to common-mode currents induced in the leads connected to that equipment [4]. Hence, the interrelated radiated and conducted phenomena have to be taken into consideration when attempting to achieve EMC.

With regard to 3.2.1, as the relationship between the field strength and the e.m.f. has been established in other studies, it is possible to express the emission level in figure 1 as an electric field strength (for example in dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )) and the immunity level as the e.m.f. (for example in dB ( $\mu\text{V}$ )) of a disturbing source, e.g. a test generator.

En ce qui concerne la figure 2 et les aspects présentés, le niveau de compatibilité peut désormais s'exprimer en dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) ou en dB ( $\mu\text{V}$ ). On comprendra que ce niveau dépend de l'unité choisie. De plus, le choix du niveau de compatibilité peut également être déterminé par les propriétés de susceptibilité du dispositif susceptible considéré. Si les problèmes de brouillage électromagnétique à résoudre portent sur la démodulation du champ radio-électrique, la dégradation est (selon une approximation du premier ordre) proportionnelle au carré du niveau de perturbation radioélectrique. De là, on peut choisir une marge d'immunité plus grande que la marge d'émission (voir 3.3).

### 3.3 Aspects de probabilités et marges

Si les essais d'émission et d'immunité ont été conçus de telle sorte qu'il existe une bonne corrélation avec les phénomènes électromagnétiques existant, la situation illustrée à la figure 4 peut représenter une situation compatible sur le plan électromagnétique pour l'émetteur unique et l'appareil susceptible unique considérés.

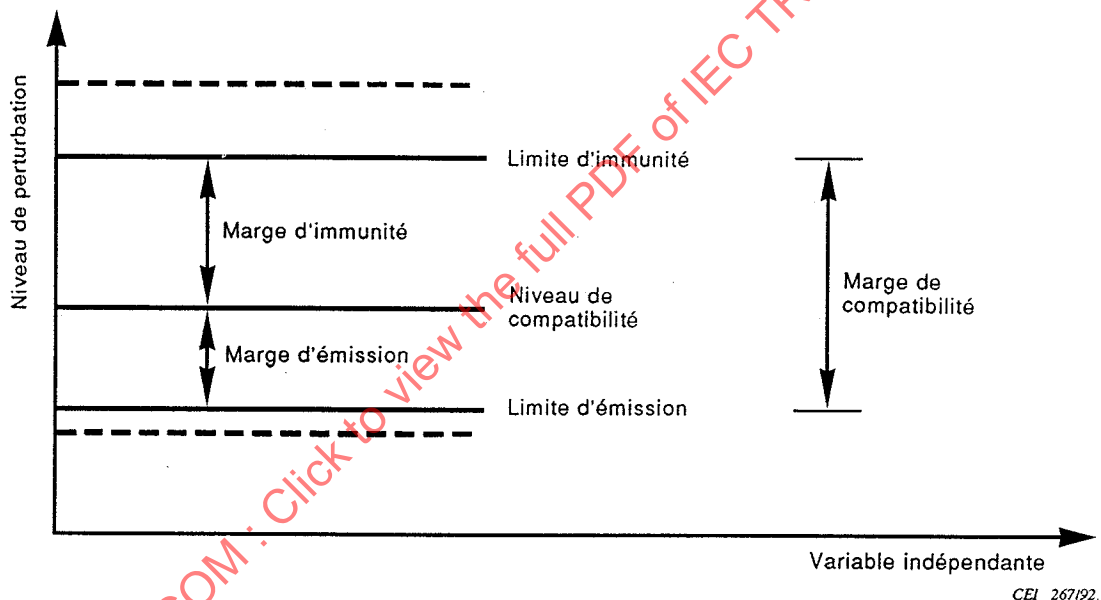


Figure 4 – Limites, niveau de compatibilité et marges, en fonction d'une variable indépendante quelconque (par exemple la fréquence)

Certes, la figure 4 indique que le niveau d'immunité est supérieur à la limite d'immunité, qui est elle-même supérieure à la limite d'émission, laquelle, à son tour, est supérieure au niveau d'émission. Toutefois, la situation décrite à la figure 4 ne garantit pas qu'il existe une CEM dans la situation réelle, car il subsiste des incertitudes, déjà brièvement abordées dans le premier exemple de 3.2.2.

En raison de ces incertitudes, une fois que l'on a choisi le niveau de compatibilité, des marges doivent être fixées entre ce niveau et les limites d'émission et d'immunité à déterminer. Sur la figure 4, les marges définies en 2.3 sont représentées sous forme de traits pleins. Les lignes en pointillés correspondent à la marge de conception de l'appareil, à définir par le fabricant et déjà abordées en 3.2.1. Quatre incertitudes importantes seront examinées dans les paragraphes qui suivent.

With regard to figure 2 and the foregoing considerations, the compatibility level may now be expressed in dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) or in dB ( $\mu\text{V}$ ). It is clear that this level depends on the chosen unit. In addition, the choice of the compatibility level may also be determined by the susceptibility properties of the susceptor concerned. If the EMI problem to be prevented concerns RF-field demodulation, the degradation is (in first order approximation) proportional to the square of the RF disturbance level. Hence, the immunity margin may be chosen to be larger than the emission margin (see 3.3).

### 3.3 Probability aspects and margins

If the emission and immunity tests have been designed in such a way that there is a good correlation with the electromagnetic phenomena existing, the situation in figure 4 may represent an electromagnetically compatible situation for the single emitter and susceptor under consideration.

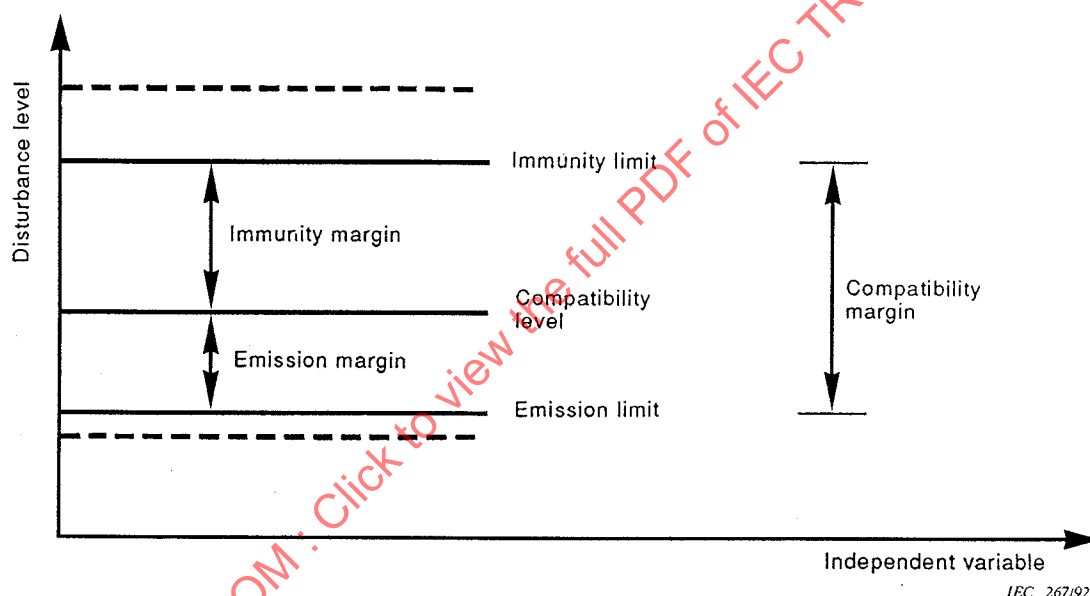


Figure 4 – Limits, compatibility level and margins, as a function of any independent variable (for example the frequency)

Indeed, figure 4 indicates that the immunity level is higher than the immunity limit and this is higher than the emission limit which, in turn, is higher than the emission level. However, the situation depicted in figure 4 does not guarantee that EMC will exist in the actual situation, as there are uncertainties, already briefly mentioned in the first example in 3.2.2.

The existence of these uncertainties means that after the compatibility level has been chosen, margins are required between that level and the emission and immunity limits to be prescribed. In figure 4, the margins, defined in 2.3, are shown as solid lines. The dashed lines refer to the equipment design margin, to be chosen by the manufacturer and already discussed in 3.2.1. Four important uncertainties will be discussed in the next sub-clauses.

### 3.3.1 Essai normalisé

Dans le cas d'un essai normalisé (voir annexe B), on distingue deux incertitudes importantes qui influencent l'ampleur des marges entre le niveau de compatibilité et les limites stipulées:

- 1) la pertinence de la méthode d'essai,
- 2) l'étalement normal des caractéristiques des composants dans le cas d'équipements fabriqués en série.

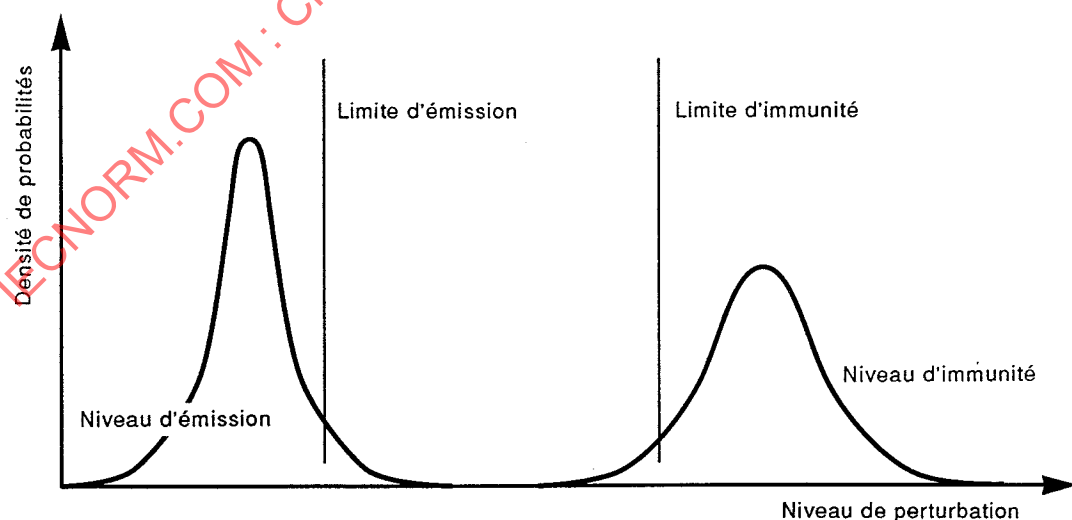
#### *Incertitude 1: La pertinence des méthodes d'essais*

Les méthodes d'essai normalisées, en particulier, tentent, à partir d'un nombre très limité de situations d'essai réelles, de couvrir un nombre quasi illimité de situations réelles dans lesquelles les équipements doivent fonctionner de manière satisfaisante. Donc, la pertinence de la méthode d'essai dépend de la mesure dans laquelle elle couvre une situation réelle, ce qu'il n'est possible de savoir que dans une mesure limitée.

Un essai d'émission normalisé est toujours effectué au moyen d'un dispositif de mesure bien défini (sonde de tension, antenne, etc.) connecté à un appareil de mesure bien défini, au lieu d'un dispositif susceptible réel. De manière similaire, dans les essais d'immunité normalisés, l'émetteur est normalement un générateur bien défini, associé à un dispositif de couplage bien défini, au lieu d'un émetteur réel. Néanmoins, des essais d'émission et d'immunité sont effectués pour réaliser la CEM aux endroits où les émetteurs et dispositifs susceptibles réels interagissent.

En général, les essais normalisés ne prennent en considération qu'un seul phénomène à la fois, par exemple l'émission par conduction ou l'émission par rayonnement. Une constatation similaire s'applique au cas de l'essai d'immunité. Toutefois, dans la situation réelle, tous les phénomènes agissent en simultanéité, ce qui réduit la pertinence d'un essai normalisé.

En raison de la pertinence limitée d'un essai normalisé, des marges sont nécessaires entre le niveau de compatibilité et les limites d'émission et d'immunité.



CEI 268/92

Figure 5 – Exemple des densités de probabilité pour un niveau d'émission et un niveau d'immunité, pour une seule valeur de la variable indépendante

### 3.3.1 Standardized test

In the case of a standardized test, see annex B, there are two important uncertainties which influence the magnitude of the margins between compatibility level and the prescribed limits:

- 1) the relevance of the test method, and
- 2) the normal spread of component characteristics in the case of quantity-produced equipment.

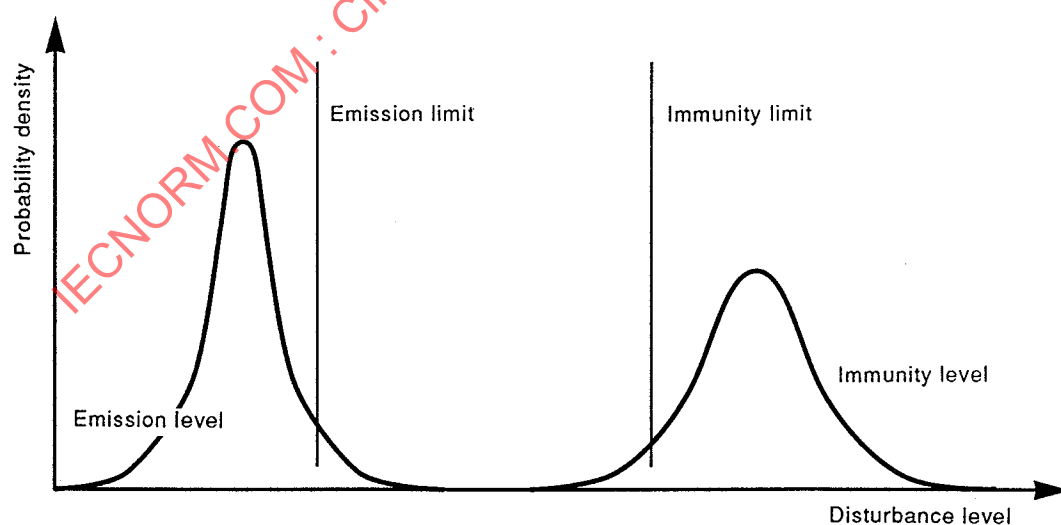
#### *Uncertainty 1: The relevance of the test methods*

Standardized test methods in particular endeavour, with a very limited number of test situations, to cover an almost infinitely large number of actual situations in which equipment has to function satisfactorily. Hence, the relevance of the test method is determined by the extent to which the method covers an actual situation, and this is known only to a limited extent.

A standardized emission test is always carried out by using a well-defined measuring device (voltage probe, antenna, etc.) connected to well-defined measuring equipment, instead of using an actual susceptor. Similarly, in standardized immunity tests the emitter is a well-defined generator with a well-defined coupling device, and not an actual emitter. Nevertheless, these emission and immunity tests are carried out to achieve EMC at the locations where the actual emitters and susceptors interact.

In general, standardized tests consider only one phenomenon at a time, for example emission via conduction or emission via radiation. A similar remark applies to immunity testing. However, in the actual situation all phenomena act simultaneously, and this reduces the relevance of a standardized test.

As a consequence of the limited relevance of a standardized test, margins are needed between compatibility level and the emission and immunity limits.



IEC 268192

Figure 5 – Example of the probability densities for an emission level and an immunity level, at one single value of the independent variable

## *Incertitude 2: Étalement normal des caractéristiques des composants*

Les dispositifs, appareils ou systèmes ne sont pas tous essayés avant installation, en particulier ceux qui sont produits en série. Si tel était le cas, on trouverait des distributions des données d'essais du fait de l'étalement des caractéristiques des composants. C'est ce qu'illustre la figure 5. Donc, on ne peut avoir la certitude qu'un équipement choisi au hasard dans un lot produit en série sera conforme à cette limite. Cette incertitude est examinée en détail dans l'article 9 de [5] traitant de la «règle de conformité 80 %–80 %». Les distributions sont aussi déterminées par la reproductibilité de la méthode d'essai.

Il est à noter que des courbes similaires à celles représentées à la figure 5 pourraient être établies pour chaque valeur de la variable indépendante dans l'essai de CEM stipulé. Donc, la figure 5 ne peut s'appliquer qu'aux résultats d'essai correspondant à une seule valeur de la variable indépendante.

D'après la figure 5, on peut conclure qu'il est très peu probable qu'un équipement ne soit pas conforme à la limite et, en raison de la marge de compatibilité choisie, la probabilité d'occurrence d'un problème de CEM dans ce cas est négligeable. La figure 5 montre également que le fabricant a choisi une certaine marge de conception de l'appareil. Dans certains cas (voir par exemple [5], [6]), la règle de conformité de 80%–80% engendre la nécessité d'une marge minimale de conception de l'appareil, lorsque cette marge dépend de la taille de l'échantillon soumis à l'essai de CEM.

### *3.3.2 Essai in situ, superposition*

Outre les deux incertitudes mentionnées en 3.3.1, la superposition des perturbations produites par diverses sources présentes dans l'installation donne lieu à une incertitude.

Il s'agit de l'incertitude liée à la pertinence de l'essai et il est à noter qu'un essai *in situ*, c'est-à-dire un essai sur le lieu où l'appareil testé est en service, n'est pas aussi bien défini que dans l'essai normalisé (voir annexe B). En particulier, l'impédance de charge d'un émetteur est souvent inconnue et dépend souvent du temps. Par exemple, l'impédance du secteur en mode différentiel dépend, entre autres, des appareils (en circuit ou hors circuit) connectés au réseau. Ceci est également vrai lorsque l'on considère l'immunité. De ce fait, les marges choisies dans l'installation peuvent différer de celles prises dans l'essai normalisé.

## *Incertitude 3: Effets de superposition, critères multidimensionnels*

A l'endroit où se trouve le dispositif susceptible, l'environnement électromagnétique est déterminé par *tous* les dispositifs, appareils ou systèmes émettant une énergie électromagnétique. Donc, de nombreux types de perturbations (par «type», il faut aussi entendre la forme d'onde, par exemple sinusoïdes, impulsions) peuvent être présents simultanément. Si l'on considère une perturbation donnée à un endroit donné, le niveau de perturbation est déterminé par:

- a) la superposition des perturbations du même type, où chaque contribution aux perturbations dépend des conditions de charge de sa source, des propriétés de propagation électromagnétique entre cette source et le dispositif susceptible, et du temps.
- b) les contributions des autres types de perturbations, ayant des composantes dans la bande de réception du dispositif sensible, où chacune des contributions est sujette aux aspects mentionnés ci-dessus en a).

L'incertitude quant à la valeur réelle du niveau de perturbation ultime engendre la nécessité de marges.



### *Uncertainty 2: Normal spread of component characteristics*

Not all devices, equipment or systems, especially those that are quantity-produced, will be tested before installation. If all equipment were tested, test-data distributions would be found, as a consequence of the spread of component characteristics. This is illustrated in figure 5. Hence, there is an uncertainty as to whether a randomly chosen equipment from that quantity-production will comply with the limit. This uncertainty is considered in detail in clause 9 of [5], the part on the so-called "80 %-80 % compliance rule". The distributions are also determined by the reproducibility of the test method.

It should be noted that curves similar to those given in figure 5 will be found for each value of the independent variable in the prescribed EMC test. Hence, figure 5 can only apply to the test data for one single value of the independent variable.

From figure 5 it can be concluded that there is a very small probability that an equipment will not comply with the limit, and because of the chosen compatibility margin the probability that an EMI problem will result in this case is negligible. Figure 5 also shows that the manufacturer had chosen a certain equipment design margin. In some cases, see for example [5], [6], the 80%-80% compliance rule creates the need for a minimum equipment design margin, where this margin depends on the EMC test sample size.

#### *3.3.2 In situ test, superposition*

In addition to the two uncertainties mentioned in 3.3.1, the superposition of disturbances produced by various sources in the installation gives rise to an uncertainty.

This uncertainty relates to the relevance of the test, and it should be noted that an *in situ* test, i.e. a test at the location where the equipment under test is in use, is not as well defined as the standardized test; see annex B. In particular the load impedance of an emitter is often unknown and often time-dependent. For example, the differential-mode mains impedance depends, among other things, on equipment (switched on or switched off) connected to the network. A similar remark applies when immunity is considered. As a result, the margins chosen in the installation may differ from those in the standardized test.

### *Uncertainty 3: Superposition effects, multidimensional criteria*

At the location of the susceptor the electromagnetic environment is determined by *all* devices, equipment and systems emitting electromagnetic energy. Hence, many types of disturbances ("type" also includes the wave-form, e.g. sinusoidal, pulsed) may be present simultaneously. If a given disturbance is considered at a given location, the disturbance level is determined by:

- a) the superposition of disturbances of the same type, where each disturbance contribution depends on the loading conditions of its emitter, on the electromagnetic propagation properties between that emitter and the susceptor, and on time;
- b) contributions of other types of disturbances, having components in the susceptor reception band, where each of the contributions is subject to the aspects mentioned above under a).

The uncertainty of the actual value of the ultimate disturbance level, creates the need for margins.

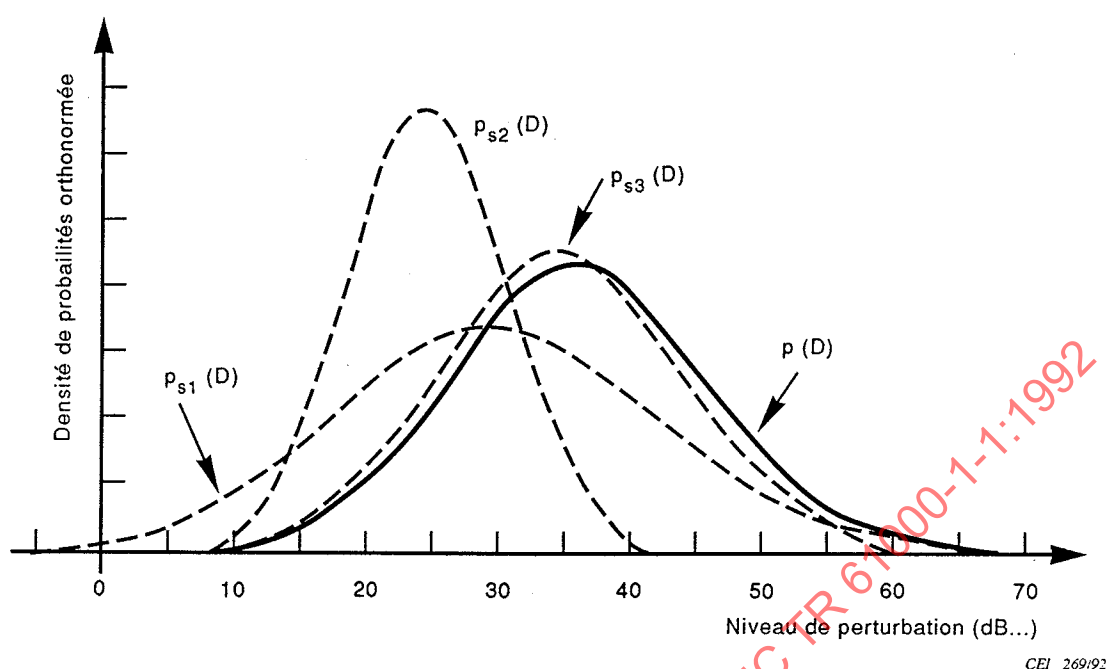


Figure 6 – Exemple de superposition des perturbations. La densité de probabilité de la perturbation résultante,  $p(D)$ , découle des densités de probabilité  $p_{si}(D)$  de divers types de sources

*Exemple:*

Un exemple de superposition des perturbations mentionnée en a), est illustré à la figure 6. Dans cet exemple, on a supposé qu'il existe trois types d'émetteurs produisant le même type de perturbation. Comme dans le cas de la figure 5, les résultats ne peuvent être pris en considération que pour une seule valeur à la fois de la variable indépendante. Les trois densités de probabilité correspondantes sont représentées par  $p_{si}(D)$  ( $i = 1, 2, 3$ ). Dans cet exemple, la densité de probabilité de la perturbation résultante,  $p(D)$ , dépend dans une large mesure de  $p_{s3}(D)$ . Il est à noter que, en général, cette densité de probabilité est dépendante du temps, car elle dépend du nombre de sources en fonctionnement.

Des distributions gaussiennes sont utilisées dans les exemples de ce rapport. D'autres types de distribution sont aussi possibles.

Le niveau de perturbation résultant est important pour *tous* les dispositifs susceptibles possibles en un lieu particulier (dans un système particulier) où chaque type de dispositif susceptible aura des propriétés d'immunité spécifiques (voir figure 7), même si ces types doivent être conformes à la même limite d'immunité. De plus, à l'endroit où le dispositif, l'appareil ou le système est installé, divers types de perturbations peuvent affecter simultanément le dispositif susceptible; il s'agit là d'un autre type de superposition. Le niveau d'immunité d'un type de perturbation peut être affecté par un autre type de perturbation (voir annexe B). Par conséquent, il apparaît également un besoin de marges supplémentaires.



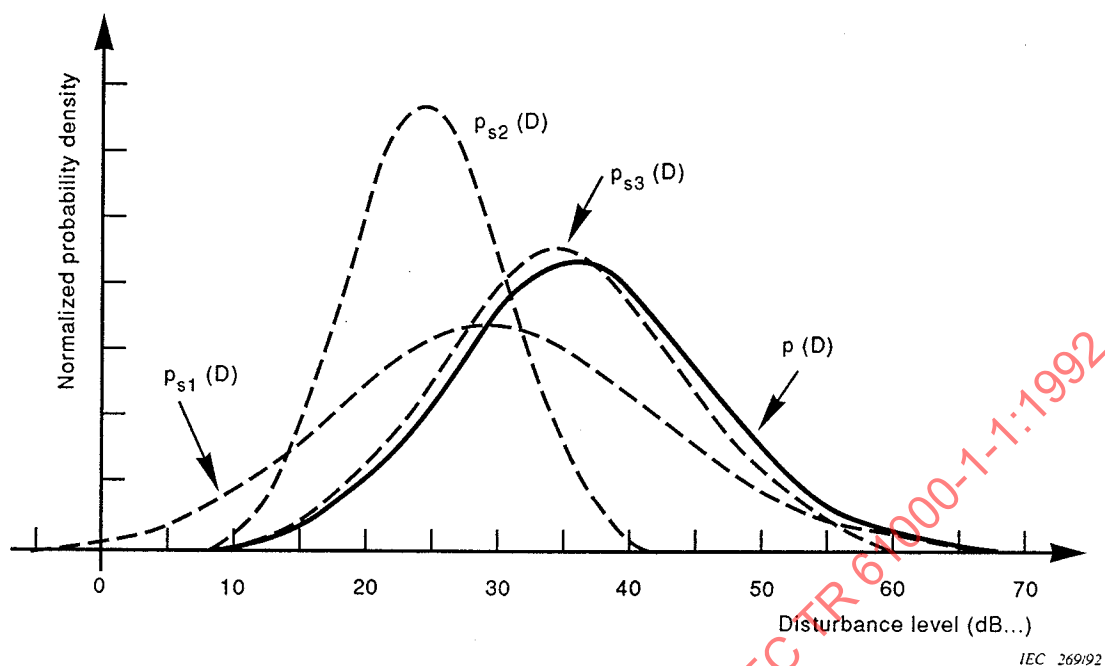


Figure 6 – Example of superposition of disturbances. The ultimate disturbance level probability density,  $p(D)$ , originates from the probability densities  $p_s(D)$  of various types of sources

*Example:*

An example of the superposition of disturbances, mentioned under a), is given in figure 6. In this example it is assumed that there are three types of emitters emitting the same type of disturbance. As with figure 5, it is only possible to consider the results for one value of the independent variable at a time. The three associated probability density functions are represented by  $p_{si}(D)$  ( $i = 1, 2, 3$ ). In this example the ultimate density function  $p(D)$  is largely determined by  $p_{s3}(D)$ . Note that, in general, the density function will be time dependent, as it depends on the number of sources which are operating.

Gaussian distributions have been used in the examples in this text, other types of distributions are also possible.

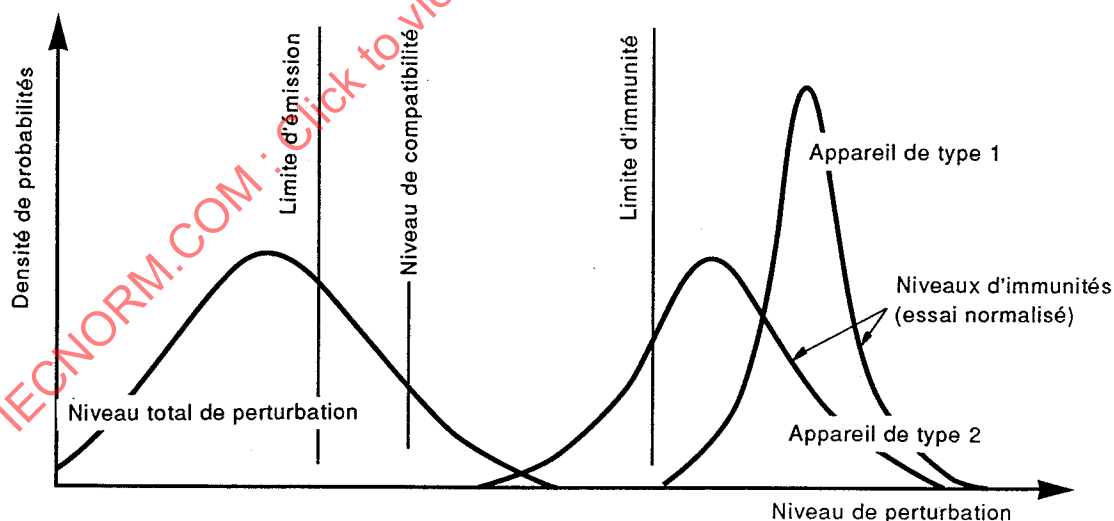
The ultimate disturbance level is of importance to *all* possible susceptors at a particular location (in a particular system), where each type of susceptor will have its specific immunity properties (see figure 7) even if these types have to comply with the same immunity limit. In addition, at the location where the device, equipment or system is installed various types of disturbances might enter the susceptor simultaneously, and this is another type of superposition. The immunity level for one type of disturbance may be negatively influenced by the presence of another type of disturbance (see annex B). Consequently, there is an additional need for additional margins.

### 3.3.3 Carence en données

#### *Incertitude 4: Carence en données*

En général, on n'a pas le temps, ou il est impossible, de mesurer les niveaux de perturbation en tous les endroits possibles où un dispositif susceptible peut être installé. Par conséquent, la densité de probabilité de perturbation illustrée à la figure 7 est rarement connue. En outre, la distribution des niveaux d'immunité est souvent inconnue. Ce cas se présente lorsqu'un dépassement du niveau d'immunité se traduit par un risque (important) de détérioration du dispositif susceptible; l'immunité est alors soumise à un essai «marche/ne marche pas», à un niveau de perturbation électromagnétique égal au niveau minimal d'immunité requis (ou à un niveau supérieur approuvé), autrement dit, la limite d'immunité. Cette carence en données engendre, là encore, une nécessité de marges comprises entre le niveau de compatibilité et les limites à prescrire.

Dans certains cas, l'absence de certaines données relatives aux sources de perturbation peut être importante si l'emploi des appareils qui fonctionnent normalement dans des environnements spécialisés se généralise. Par exemple, on connaît bien le réseau à la fréquence fondamentale ainsi que ses harmoniques et les impédances correspondantes, lorsqu'il est question de perturbations conduites en mode différentiel. On connaît beaucoup moins les champs magnétiques produits par ces perturbations dans des situations concrètes. Ces champs présentent désormais une grande importance en raison de l'utilisation accrue d'unités de visualisation vidéo et de microscopes électroniques (dans les industries de haute technologie), car ces champs peuvent fortement influencer le faisceau électronique de ces appareils. (En outre, il est impossible d'isoler les champs magnétiques à basses fréquences par un blindage économique.)



CEI 270/92

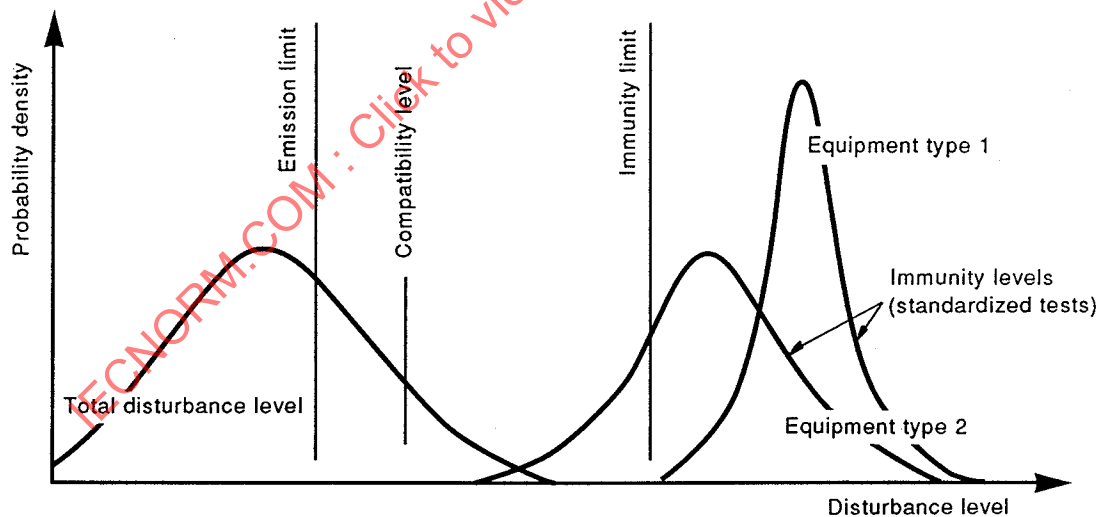
Figure 7 – Exemple de densités de probabilité de la perturbation résultante (la somme des niveaux de perturbation produit par divers émetteurs) et les niveaux d'immunité des deux types de dispositifs susceptibles

### 3.3.3 Lack of data

#### Uncertainty 4: Lack of data

Generally, there is no time, or it is impossible, to measure the disturbance levels at all possible locations where a susceptor may be installed, and therefore the disturbance probability density given in figure 7 is seldom known. Furthermore, the immunity level distribution is often unknown. The latter is the case when exceeding the immunity level results in a (high) risk of damage to the susceptor and the immunity is tested in a "go – no go" test, to an electromagnetic disturbance level equal to (or an agreed amount higher than) the minimum required immunity level, i.e. the immunity limit. This lack of supporting data again creates the need for margins between the compatibility level and the limits to be prescribed.

In some cases the lack of certain disturbance source data can be of importance if equipment, which operated initially in dedicated environments, then becomes widely used. For example, much is known about the mains at the fundamental frequency and its harmonics and about the associated impedances, where differential-mode conducted disturbances are concerned. Much less is known about the magnetic fields produced by these disturbances in actual situations. These fields are now of great importance in view of the increased use of video display units and electron microscopes (in high-technology industries), as these fields may strongly influence the deflection of the electron beam in such equipment. (Moreover, it is not possible to shield low frequency magnetic fields in a cost-effective way.)



IEC 270/92

Figure 7 – Example of probability densities for an ultimate disturbance level (the sum of disturbance levels produced by various emitters) and the immunity levels of two types of susceptor

## Annexe A

### Interprétation des termes et définitions de la compatibilité électromagnétique

#### A.1 Généralités

La présente annexe reprend les termes et définitions présentés à l'article 2, pour donner des informations fondamentales sur les définitions adoptées et sur les conséquences de l'utilisation des termes pour décrire les exigences en matière de CEM.

#### A.2 Brouillage électromagnétique, compatibilité électromagnétique et environnement électromagnétique

Le nombre sans cesse croissant d'applications des appareils électriques et électroniques s'accompagne d'un nombre également croissant de difficultés opérationnelles. L'une des causes de cette situation est, comme on l'a constaté, que les composants utilisés se perturbent mutuellement sous l'effet des propriétés électromagnétiques des dispositifs (appareils ou systèmes) en présence. Si tous ces dispositifs pouvaient cohabiter en harmonie, la compatibilité électromagnétique serait assurée dans le monde entier. Malheureusement, cette situation n'est pas universelle et les problèmes de brouillage (électromagnétique) restent à résoudre.

Dans une situation de compatibilité électromagnétique, l'environnement électromagnétique est tel que tous les éléments qu'il renferme sont en harmonie.

##### A.2.1 Brouillage électromagnétique

L'existence du brouillage électromagnétique préluant à tout examen de la compatibilité électromagnétique, c'est sa définition qui doit être abordée en premier.

##### *Brouillage électromagnétique*

Trouble apporté au fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par une perturbation électromagnétique.

La perturbation électromagnétique mentionnée dans cette définition est définie comme suit:

##### *Perturbation 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.

On peut faire les constatations suivantes:

##### a) *Brouillage/perturbation*

Les termes de «brouillage» et «perturbation» sont souvent utilisés sans discrimination. Toutefois, il est à noter que «brouillage» se rapporte à une dégradation indésirable et que «perturbation» se rapporte au phénomène électromagnétique qui est à l'origine de cette dégradation.

Par conséquent, si ce phénomène est décrit en tant que quantité mesurable, par exemple une tension, on parlera de tension perturbatrice ([1], section 161-4) et non de tension de brouillage.

## Annex A

### Interpretation of EMC terms and definitions

#### A.1 General

In this section terms and definitions given in clause 2 are discussed to give background information about the chosen definition and the consequences of using the terms in the description of EMC requirements.

#### A.2 Electromagnetic interference, compatibility and environment

The ever increasing number of applications of electrical and electronic equipment also gives rise to an increasing number of operational difficulties. One of the factors contributing to these operational difficulties is that devices in use are found to interfere with each other as a result of the electromagnetic properties of the devices (equipment, or systems) involved. If all these devices could exist side by side in harmony the world would be electromagnetically compatible. Unfortunately, this situation has not become universal and electromagnetic interference problems have to be solved.

In an electromagnetically compatible situation the electromagnetic environment is such that everything in it is in harmony.

##### A.2.1 Electromagnetic interference (EMI)

The existence of EMI makes it necessary to consider EMC, so the definition of EMI is considered first.

*Electromagnetic interference; EMI* (abbreviation)

Degradation of the performance of a device, equipment or system caused by an electromagnetic disturbance.

The electromagnetic disturbance mentioned in this definition has been defined as

*Electromagnetic disturbance*

Any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter.

The following observations can be made:

##### a) *Interference/disturbance*

The English words "interference" and "disturbance" are often used indiscriminately. However, it should be noted that "interference" refers to the unwanted degradation, and "disturbance" refers to the electromagnetic phenomenon causing that degradation.

Consequently, if that phenomenon is described in terms of a measurable quantity, for example a voltage, it shall be called disturbance voltage, and not interference voltage ([1], section 161-4)).

### b) Problème de brouillage électromagnétique de forme élémentaire

La définition du brouillage électromagnétique mentionne «trouble apporté au fonctionnement ... par ...». Autrement dit, sous sa forme élémentaire, un problème de brouillage électromagnétique se compose de trois éléments (voir figure A.1), à savoir:

- 1) un émetteur, soit une source émettant la perturbation électromagnétique,
- 2) un dispositif susceptible, soit un dispositif, un équipement ou un système subissant une dégradation de son fonctionnement,
- 3) un milieu situé entre les deux, appelé le trajet de couplage.

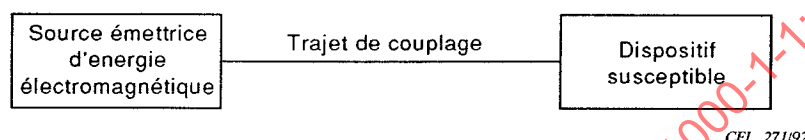


Figure A.1 – Aspect fondamental d'un problème de brouillage électromagnétique

En conséquence, les problèmes de brouillage électromagnétique revêtent deux aspects fondamentaux: émission et susceptibilité, et on verra plus tard que la CEM présente également ces deux aspects.

### c) Dégradation

La définition de ce terme est la suivante:

**dégradation:** Ecart non désiré des caractéristiques de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par rapport aux caractéristiques attendues.

Il est à noter que le qualificatif «non désiré» est utilisé à la place de «quelconque», par exemple. Cette nuance est très importante, notamment lors de la spécification de la CEM. Ce type d'écart par rapport aux caractéristiques de fonctionnement opérationnelles, qui est jugé indésirable, doit être explicité dans cette spécification.

*Exemple:*

Supposons qu'un système de calcul doive fonctionner sans dégradation en présence de certains types d'interruptions de la tension secteur de ce système. Ainsi, les erreurs de calcul causées par ces interruptions constituent toujours un écart indésirable. Si la dégradation peut être évitée grâce à des batteries de secours, on constatera que les interruptions occasionnent une légère augmentation du temps de calcul car le système doit passer de l'alimentation réseau à l'alimentation par batterie et inversement. Dans de nombreux cas, cet écart est parfaitement acceptable.

### A.2.2 Compatibilité électromagnétique

Au début de l'article A.2, on peut lire: «Si tous ces dispositifs pouvaient cohabiter en harmonie, la compatibilité électromagnétique serait assurée dans le monde entier.» Dans une situation de compatibilité électromagnétique, l'environnement électromagnétique est tel que tous les éléments qu'il renferme sont en harmonie. Si l'on peut ajouter un dispositif

### b) Elementary form of EMI problem

The definition of EMI refers to "degradation of the performance ..... caused by ....". This means that, in its elementary form, an EMI problem consists of three ingredients (see figure A.1), namely:

- 1) an emitter, i.e. a source emitting the electromagnetic disturbance,
- 2) a susceptor, i.e. a susceptible device, equipment or system showing degradation of its performance,
- 3) a medium in between, which is called the coupling path.

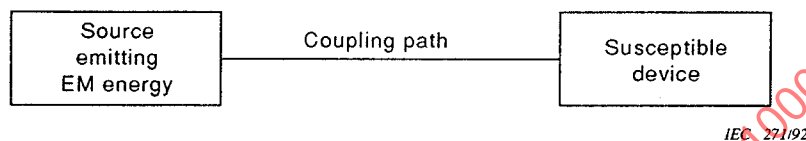


Figure A.1 – The basic form of an EMI problem

Hence, EMI problems have two key aspects: emission and susceptibility, and it will be shown later that EMC also possesses these two key aspects.

### c) Degradation

The definition of the term degradation is as follows:

*degradation*: An undesired departure in the operational performance of any device, equipment or system from its intended performance.

It is important to note that the adjective "undesired" is used and not, for example, the adjective "any". This aspect is very important when setting down EMC specifications. The kind of departure in the operational performance which is considered to be undesired must be made clear in these specifications.

#### Example:

Assume a computing system has to function without degradation in the presence of certain types of interruptions in the mains voltage of that system. Errors in the computation caused by these interruptions always form an undesired departure. If the degradation can be avoided by using a battery-backup, it will be found that the interruptions cause a slight increase in the computation time because the system has to switch from mains to battery and vice versa. In many cases this departure is fully acceptable.

### A.2.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

At the beginning of A.2 it is stated that: "If all devices could exist side by side in harmony, the world would be electromagnetically compatible (EMC)". In an electromagnetically compatible situation the electromagnetic environment is such that everything in it is in harmony. The addition of a device to that environment without causing EMI then



à cet environnement sans créer de brouillage électromagnétique, on peut en conclure que ce dispositif est doté de la caractéristique de compatibilité électromagnétique. D'où la définition de la CEM:

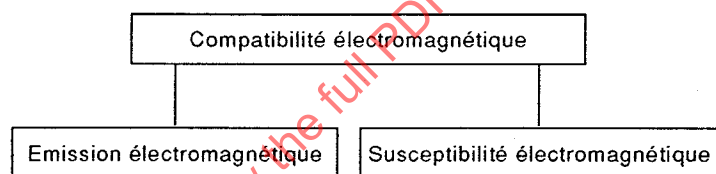
*Compatibilité électromagnétique; CEM*

Aptitude 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.

L'harmonie recherchée s'exprime de deux manières importantes qui forment les deux aspects fondamentaux de la CEM:

- 1) «fonctionner de façon satisfaisante», signifiant que le dispositif (appareil ou système) «tolère les autres», autrement dit que ce dispositif (équipement ou système) n'est pas susceptible aux perturbations survenant dans son environnement.
- 2) «sans produire des perturbations intolérables», signifiant que ce dispositif «ne nuit pas aux autres», autrement dit que l'émission produite par ce dispositif (appareil ou système) ne se traduit pas par un brouillage électromagnétique.

Les aspects fondamentaux d'émission et de susceptibilité, déjà mentionnés pour le brouillage électromagnétique, sont également les aspects fondamentaux de la compatibilité électromagnétique. C'est ce qu'illustre la figure A.2 qui représente le début d'une subdivision, complétée ensuite dans la figure A.3.



CEI 272/92

Figure A.2 – Subdivision de la CEM en deux aspects fondamentaux

*A.2.3 Environnement électromagnétique*

Dans la réalité, on rencontre normalement de nombreuses sources (artificielles et naturelles) de perturbations électromagnétiques, engendrant un environnement électromagnétique dans lequel peuvent se trouver des dispositifs susceptibles. La diversité des situations est infinie et une description complète de l'environnement électromagnétique est donc très complexe.

En temps normal, il y a lieu de déterminer (d'estimer) l'environnement en mesurant séparément certains paramètres des phénomènes électromagnétiques, comme les tensions, les courants, les champs, etc., aux points incriminés. Dans la plupart des cas, on constatera que ces valeurs varient dans le temps. D'où la définition suivante de l'environnement électromagnétique, dans le contexte de la CEM:

*Environnement électromagnétique*

Ensemble des phénomènes électromagnétiques existant à un endroit donné.

NOTE - En général, cet ensemble dépend du temps et sa description peut exiger une approche statistique.

means that this device has the property of being electromagnetically compatible. Thus, the definition of EMC reads:

*Electromagnetic compatibility; EMC*

The ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment.

The desired harmony comes to the fore in two important ways, which are the two key aspects of EMC:

- 1) "to function satisfactorily", means that the device (equipment or system) is "tolerant of others", i.e. the device (equipment or system) is not susceptible to disturbances present in its environment.
- 2) "without introducing intolerable disturbances", means that the device "gives no offence to others", i.e. the emission of the device (equipment or system) does not result in electromagnetic interference.

The key aspects emission *and* susceptibility, already found for EMI, are also the key aspects of EMC. This is illustrated in figure A.2, which represents the beginning of a sub-division to be completed in figure A.3.

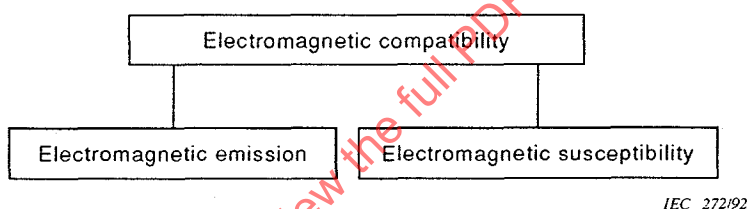


Figure A.2 – Subdivision of EMC in its key aspects

*A.2.3 The electromagnetic environment*

In real life situations there are normally many sources (man-made and natural) emitting electromagnetic disturbances, creating an electromagnetic environment in which possible susceptors reside. The diversity of situations is immense and a complete description of the electromagnetic environment is very complex.

Normally the environment has to be determined (estimated) by separately measuring (calculating) certain parameters of the electromagnetic phenomena, such as voltages, currents, fields, etc., at the locations involved. In most cases it is found that these quantities vary in time. Therefore, the electromagnetic environment, used in the definition of EMC, is defined as

*Electromagnetic environment*

The totality of electromagnetic phenomena existing at a given location.

NOTE - In general, this totality is time dependent and its description may need a statistical approach.

On peut tirer les conclusions suivantes de l'utilisation du terme d'environnement électromagnétique dans la définition de la CEM.

a) *Son environnement*

La définition de la compatibilité électromagnétique se rapporte à *son* environnement et non pas à «un» environnement ou à «tous» les environnements. Autrement dit, si un dispositif se caractérise par la compatibilité électromagnétique dans un environnement donné, il n'en résulte pas forcément qu'il bénéficiera de cette CEM dans un autre environnement. Dans la majorité des cas, les propriétés de l'environnement électromagnétique ne sont jamais prévisibles à 100 %, car elles dépendent du temps et du lieu. Ceci implique que les spécifications de la CEM peuvent uniquement être établies de telle sorte qu'il existe une probabilité reconnue ou acceptable que ce dispositif bénéficiera de la CEM dans certains environnements.

b) *Tout ce qui se trouve dans cet environnement*

La définition de la compatibilité électromagnétique mentionne «tout ce qui se trouve dans cet environnement». Par conséquent, outre les dispositifs, appareils et systèmes, il peut également s'agir d'êtres vivants. Cet aspect n'est pas négligeable lorsque des limites d'émission sont fixées à des champs électromagnétiques, pour assurer la compatibilité électromagnétique.

*Exemple:*

Supposons le champ électromagnétique produit par d'importants appareils de chauffage radioélectriques, dans des situations où l'on sait que la distance entre l'appareil radioélectrique et d'éventuels dispositifs susceptibles est grande et que les bâtiments produisent une certaine atténuation. On pourra alors fixer une limite qui soit acceptable pour ces dispositifs. Toutefois, l'opérateur travaillant à l'intérieur des bâtiments, à de très courtes distances de l'appareil radioélectrique, peut alors être exposé à des champs intolérables, en conséquence de la variation de l'intensité du champ en fonction de la distance par rapport à la source.

### A.3 Susceptibilité/immunité

Comme la susceptibilité est l'un des deux aspects fondamentaux de la compatibilité électromagnétique et du brouillage électromagnétique, la définition de ce terme est vaste et s'exprime comme suit:

*Susceptibilité*

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

L'opposé de la notion de susceptibilité est l'immunité. L'immunité se définit comme suit:

*Immunité*

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

On voit donc que les définitions de l'immunité et de la susceptibilité ne diffèrent que par un seul mot: là où «aptitude» est employé dans la définition de l'immunité, «inaptitude» est employé dans celle de la susceptibilité. On peut alors se poser la question suivante: si la définition ne diffère que d'un seul mot, ne serait-il pas raisonnable de supprimer l'un des termes, quitte à décider lequel. La réponse est «non», pour les raisons qui suivent.

The following observations can be made with regard to the use of the term electromagnetic environment in the definition of EMC.

a) *Its environment*

The definition of EMC refers to *its* environment and not to "an" environment or "every" environment. This means that if a device has the property of being electromagnetically compatible in a particular environment it does not necessarily mean that it will be electromagnetically compatible in another environment. In most cases the properties of the electromagnetic environment are never 100 % predictable, because they are location- and time-dependent. This implies that EMC specifications can only be written in such a way that there is an agreed or acceptable probability that the device is electromagnetically compatible in certain environments.

b) *Anything in that environment*

The definition of EMC refers to "anything in that environment". This means that, in addition to devices, equipment and systems, living creatures could also be involved. This aspect is of importance when emission limits are set to electromagnetic fields, to achieve EMC.

*Example:*

Consider the electromagnetic field produced by large RF-heating equipment in situations where it is known that the distance between the RF equipment and possibly susceptible devices is large and some building attenuation is experienced. One may then decide on a limit which is acceptable to those devices. However, the operator working inside the building at very short distances from the RF equipment might then be exposed to intolerable fields, as a consequence of the variation of the field strength with the distance from the source.

### A.3 Susceptibility/immunity

As susceptibility is one of the two key aspects of both EMC and EMI the definition of susceptibility is a broad definition and reads as follows:

*Susceptibility*

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

The opposite of the concept susceptibility is immunity. The definition of immunity reads:

*Immunity*

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

It can readily be seen that the definitions of immunity and susceptibility differ by one single word: where "ability" is used in the definition of immunity, "inability" is found in that of susceptibility. The question may arise as to whether, if the definitions differ only by one word, it is sensible to delete one of the terms and, if so, which term. The answer must be "No", for the following reasons.

Comme le souligne l'article A.2, la nécessité de prendre en considération la CEM des dispositifs réside dans l'existence du brouillage électromagnétique, donc dans l'existence de dispositifs susceptibles. En général, il sera toujours possible de trouver une perturbation électromagnétique qui cause une dégradation des caractéristiques de fonctionnement du dispositif. C'est pourquoi il importe de prendre en considération la CEM, car la susceptibilité est une *propriété de base* de la quasi-totalité des dispositifs. Ce point est également mentionné dans la CEI 50(161), où la remarque qui accompagne la définition de la susceptibilité stipule que la susceptibilité est un «manque d'immunité» [1]. Il est donc nécessaire de donner un nom à cette propriété de base. Bien entendu, on pourrait parler de «manque d'immunité», mais il est plus logique d'opter pour un terme unique: susceptibilité.

Néanmoins, l'objectif ultime est de créer un monde de compatibilité électromagnétique. D'où la nécessité vitale de dispositifs, appareils et systèmes immunisés. Le terme d'immunité est donc celui qu'il convient d'employer dans les spécifications de CEM. En général, on obtiendra l'immunité par des mesures préventives ou correctives. Il est à noter qu'une exigence d'immunité est toujours spécifiée pour un type donné de perturbation électromagnétique, survenant d'une manière spécifiée (voir aussi l'article A.5).

#### A.4 Niveau et limite

Lors de l'établissement de spécifications de CEM, des valeurs spécifiques doivent être attribuées aux niveaux de perturbations électromagnétiques dans des cas particuliers. La définition du niveau est la suivante [7]:

*Niveau (d'une quantité)*

Valeur d'une quantité évaluée d'une manière spécifiée.

La perturbation électromagnétique se définit comme suit:

*Perturbation 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.

Si une quantité doit être évaluée d'une manière spécifiée, il importe de savoir de quelle quantité il s'agit. Par conséquent, la définition d'un niveau de perturbation doit refléter cette exigence. Cette définition est la suivante:

*Niveau de perturbation électromagnétique*

Niveau d'une perturbation électromagnétique de forme donnée, mesurée de manière spécifiée.

Le qualificatif «de forme donnée» se rencontre également dans la définition d'autres niveaux, comme «niveau d'émission», «niveau de susceptibilité», etc.

A proprement parler, on peut dire que l'ajout de «mesurée d'une manière spécifiée» est superflu, car la définition du «niveau» se rapporte à «évalué d'une manière spécifiée». Toutefois, il se peut que la «manière spécifiée» ne puisse s'appliquer qu'au dispositif de mesure et à l'instrument indicateur correspondant. L'expression «mesurée d'une manière spécifiée» implique la spécification des conditions de charge de la source de perturbation et une description détaillée de la configuration d'essais, qui peuvent se résumer comme suit:

*Évalué/mesuré d'une manière/façon spécifiée*

Le *dispositif de mesure* sera bien défini et choisi en fonction du type de perturbation à mesurer et des propriétés des signaux utiles susceptibles d'être affectés par la mesure de l'émission.

As pointed out in clause A.2, the need to consider the EMC of devices is the existence of EMI, hence the existence of susceptible devices. In general, it will always be possible to find an electromagnetic disturbance causing degradation of the device performance. So one has to consider EMC since susceptibility is a *basic property* of almost every device. This is also indicated in IEC 50(161), where the note accompanying the definition of susceptibility states that susceptibility is a "lack of immunity" [1]. Thus a name is required for this basic property. Of course this might be called "a lack of immunity", but it is more sensible to choose one single word: susceptibility.

But, the ultimate goal is to achieve an electromagnetically compatible world. Hence, immune devices, equipment and systems are very much needed. Therefore, the term immunity is the relevant term to be used in EMC specifications. In general, immunity is achieved by taking preventive or corrective measures. It should be noted that an immunity requirement is always specified for a given type of electromagnetic disturbance which is incident in a specified way; see also A.5.

#### A.4 Level and limit

When setting EMC specifications, specific values have to be assigned to the levels of electromagnetic disturbances in the particular cases. The definition of level reads [7]:

##### *Level (of a quantity)*

The magnitude of a quantity evaluated in a specified manner.

The definition of electromagnetic disturbance reads:

##### *Electromagnetic disturbance*

Any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter.

If a quantity has to be evaluated in a specified way, it has to be known which quantity is meant. Consequently, the definition of a disturbance level has to reflect this requirement, so it is defined:

##### *Electromagnetic disturbance level*

The level of a given electromagnetic disturbance, measured in a specified way.

The adjective "given" is also found in other level definitions, such as "emission level", "susceptibility level", etc.

Strictly speaking, it could be said that the addition of "measured in a specified way" is not necessary, for the definition of "level" refers to "evaluated in a specified manner". However, there is the risk that the "specified way" could be applied only to the measuring device and its indicating instrument. The phrase "measured in a specified way" implies a specification of the loading conditions of the disturbance source and a detailed description of the test configuration, which can be summarized as follows:

##### *Evaluated/measured in a specified manner/way*

The *measuring device* shall be well defined and chosen having regard to the type of disturbance to be measured, and to the properties of desired signals which might be affected by the emission measurement.



L'*appareil de mesure* sera bien défini et choisi en fonction du type de perturbation et des propriétés connexes à déterminer. Les propriétés des perturbations sont par exemple les suivantes: amplitude de crête, énergie, rapidité de montée, fréquence de répétition, etc.

Les *conditions de charge* de la source de perturbations devront être décrites. Une installation de mesure soumettra certaines impédances de charge à la ou aux sources de perturbations de l'appareil testé. Ces impédances peuvent être normalisées, par exemple dans des essais types, ou peuvent dépendre des conditions régnant sur le lieu de l'installation, notamment dans le cas d'essais *in situ* (voir aussi l'Annexe B).

La *configuration d'essai* devra être décrite en détail. Cette description doit prendre en compte le choix de la référence (masse), la position de l'appareil testé et de l'appareil de mesure par rapport à la référence, les raccordements à cette référence, les interconnexions entre l'appareil testé et le dispositif de mesure ou autre appareil, la terminaison des bornes qui ne sont pas reliées au dispositif de mesure et les conditions de fonctionnement de l'appareil testé pendant les essais. De plus, il sera parfois nécessaire de décrire la disposition des composants du système et les configurations destinées à optimiser le niveau d'émission, les longueurs de câbles, le découplage des composants du système.

Une fois qu'un niveau a été déterminé, un jugement doit être formulé quant à ce niveau: est-il admissible ou non? correspond-il aux exigences ou non? etc. Lors de l'établissement des spécifications de la CEM, les parties en présence peuvent convenir d'un niveau acceptable qui est alors appelé «limite». Dans le cas d'une perturbation électromagnétique, la définition de la limite de perturbation est la suivante:

#### *Limite de perturbation*

Niveau maximal admissible de perturbation électromagnétique.

Il est à noter que, étant donné que le niveau de perturbation électromagnétique est inclus dans cette définition, la limite est spécifiée pour une perturbation électromagnétique *de forme donnée*, mesurée *d'une manière spécifiée*. Il en est de même pour la définition d'autres limites, comme la «limite d'émission» et la «limite d'immunité».

### **A.5 Emission et immunité**

Comme l'émission est l'un des deux aspects fondamentaux de la CEM et du brouillage électromagnétique, sa définition est assez large, à savoir:

#### *Emission (électromagnétique)*

Processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur.

Selon cette définition, la source est normalement un dispositif, un appareil ou un système, mais il peut également s'agir, par exemple, d'un être humain ou d'un meuble. Ces deux dernières «sources» ne sont pas négligeables lorsqu'il est question de phénomènes de décharge d'électricité statique. La foudre est un exemple de source naturelle.

En général, l'émission sera déterminée pour prévenir le brouillage électromagnétique. Toutefois, il subsiste une question épineuse: «Quel est le paramètre pertinent de l'énergie électromagnétique à déterminer et comment doit-il être déterminé?». Le problème est que l'on connaît rarement avec exactitude les propriétés de susceptibilité des dispositifs, appareils et systèmes. En d'autres termes: on sait rarement avec précision comment un tel élément «mesure et détecte» exactement l'émission et, à proprement parler, on ignore ce que l'on doit mesurer.



The *measuring equipment* shall be well defined and chosen having regard to the type of disturbance and associated properties to be determined. Examples of disturbance properties are: peak amplitude, energy, rate of rise, repetition rate, etc.

The *loading conditions* of the disturbance source shall be described. A measuring set-up will present certain load impedances to the disturbance source(s) in the equipment under test (EUT). These impedances may be standardized, for example in type tests, or may depend on the conditions at the place of installation, for example in the case of *in situ* tests (see also annex B).

The *test configuration* has to be described in detail. This description should consider the choice of the reference (ground), the position of the EUT and measuring equipment with respect to that reference, connections to that reference, interconnections of the EUT with the measuring device and other equipment, termination of terminals which are not connected to the measuring device, and operating conditions of the EUT during testing. In addition it may be necessary to describe the disposition of system components and configurations for maximizing the emission level, cable lengths, decoupling of system components.

Once a level has been determined, an evaluation of that level has to be made: is it permissible or not? is it what has been required or not? etc. When setting EMC specifications the parties involved can agree on an acceptable level, which then is called a limit. In the case of an electromagnetic disturbance the definition of disturbance limit is as follows:

#### *Disturbance limit*

The maximum permissible electromagnetic disturbance level.

Note that the inclusion of electromagnetic disturbance level in this definition implies that the limit is specified for a *given* electromagnetic disturbance, measured *in a specified way*. This also applies to other limit definitions, such as "emission limit" and "immunity limit".

### **A.5 Emission and immunity**

As emission is one of the two key aspects of EMC and EMI, its definition is rather broad and reads:

#### *(Electromagnetic) emission*

The phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source.

In this definition the source normally is a device, equipment or system, but it can, for example, also be a human being or a piece of furniture. The two last named "sources" are of importance when considering electrostatic discharge phenomena. An example of a natural source is lightning.

In general, the emission will be determined in order to prevent EMI. However, a difficult question is: "What is the relevant parameter of the electromagnetic energy to be determined, and how shall it be determined?" The problem is that there is seldom exact knowledge of the susceptibility properties of devices, equipment and systems. In other words: it is seldom known precisely how such an item exactly "measures and detects" the emission and, strictly speaking, it is not known what has to be measured.

L'expérience nous a montré qu'il est nécessaire de mesurer certains types d'émission. Mais, en fait, toutes ces mesures ne sont qu'une tentative de remplacer des dispositifs potentiellement susceptibles par des dispositifs de mesure bien définis, dans une méthode de mesure définie. En conséquence, un niveau d'émission peut être déterminé avec une grande précision, mais le résultat ne peut être qu'une indication de la probabilité d'obtention de la compatibilité électromagnétique.

La quantité d'énergie électromagnétique émise peut être exprimée en tant que niveau d'émission (voir la définition en 2.2), si les conditions relatives à la détermination d'un niveau, examinées à l'article A.4, sont remplies.

Il faut dans ce cas indiquer le type de perturbation. Autrement dit, il convient d'indiquer quel paramètre de l'énergie électromagnétique émise est considéré. On peut citer comme exemples de paramètres: intensité du champ magnétique, intensité du champ électrique, courant en mode commun, tension de borne V [1]. Les paramètres représentent ainsi un phénomène électromagnétique déterminé (c'est-à-dire une perturbation, voir A.4), dans lequel une partie de l'énergie électromagnétique émise se manifeste. Le terme «partie» est choisi ici à dessein, car, en général, une source émet l'énergie électromagnétique simultanément par conduction et par rayonnement.

L'examen des mesures de l'immunité obéit au même principe que dans le cas des mesures de l'émission. La seule différence notable est que l'appareil de mesure défini (dispositif plus instrument) est remplacé par une source de perturbation définie (générateur plus réseau de couplage). Le rôle de cette source est de remplacer tous les types possibles d'émetteurs (même d'impédances inconnues) par un émetteur défini et reproductible.

La figure A.3 donne un aperçu des divers aspects des mesures d'émission et d'immunité. La subdivision entre essais normalisés et essais *in situ* sera examinée à l'article B.1. On remarquera que les flèches les plus basses de chaque colonne de la figure A.3 sont dirigées de «limite (d'essai)» à «niveau (d'essai)» pour indiquer que les niveaux minimum et maximum admissibles, donc les limites (voir 2.2), sont des quantités à convenir.

Un niveau d'immunité ne peut être connu qu'une fois qu'un niveau occasionnant une dégradation a été atteint, c'est-à-dire après qu'un «manque d'immunité», donc une susceptibilité, a été atteint. Le niveau d'immunité est souvent inconnu dans les cas où un dépassement de ce niveau se traduit par un risque (important) de détérioration du dispositif. Si ce risque existe, on effectue normalement un essai «marche/ne marche pas» jusqu'à un niveau de perturbation électromagnétique égal (ou supérieur dans une proportion convenue) au niveau minimum d'immunité requis, c'est-à-dire à la limite d'immunité (voir également 2.2).

## **A.6 Niveau de compatibilité et marge de compatibilité**

Au vu des clauses qui précèdent, il est manifestement souvent difficile, voire en fait, impossible, de garantir une compatibilité électromagnétique totale, notamment parce que la définition de la CEM est liée à «son environnement électromagnétique», soit la totalité (dépendant du temps) des phénomènes électromagnétiques survenant à l'endroit où se trouve ce dispositif. Comme l'explique l'article 3, il faut appliquer le concept de probabilités (distributions statistiques) pour obtenir une probabilité suffisamment élevée qu'il existera une compatibilité électromagnétique (pour certains types de perturbations électromagnétiques).

Le niveau de compatibilité et sa marge, définis en 2.2 et 2.3, et déjà examinés en 3.2.2, peuvent être déterminés selon les principes (idéaux) suivants.

Experience has shown that it is necessary to measure certain types of emission. But, in fact, all these measurements are no more than an attempt to replace possible susceptible devices by well-defined measuring devices in a defined measuring method. As a result a determination of the emission level can be very accurate, but its outcome can only be an indication of the probability that EMC will be achieved.

The amount of emission of electromagnetic energy can be expressed in an emission level (see 2.2 for its definition) if the requirements for the determination of a level, as discussed in A.4, are fulfilled.

In that case the type of disturbance has to be given as well, which means that it has to be indicated which parameter of the emitted electromagnetic energy is considered. Examples of parameters are: magnetic field strength, electric field strength, common-mode current, V-terminal voltage [1]. The parameters thus represent a certain electromagnetic phenomenon (that is a disturbance, see A.4) in which a part of the emitted electromagnetic energy manifests itself. "Part of" is written here on purpose as, in general, electromagnetic energy emanates from a source via conduction and radiation at the same time.

The discussion of immunity measurements follows the same line as in the case of emission measurements. The only important difference is that the defined measuring equipment (device plus instrument) is replaced by a defined disturbance source (generator plus coupling network). The task of this source is to replace all kinds of possible emitters (with often unknown impedance properties) by a reproducible, defined emitter.

Figure A.3 gives an overview of various aspects of emission and immunity measurements. The subdivision in standardized and *in situ* tests will be discussed in clause B.1. Note that the lowest arrows in each column in figure A.3 point from "(test) limit" towards "(test) level" to indicate that the maximum permissible and minimum required levels, i.e. the limits (see 2.2) are quantities which have been agreed upon.

An immunity level is only known after a level causing degradation has been reached, that is after a "lack of immunity", hence susceptibility, has been observed. The immunity level is often unknown in cases where exceeding that level results in a (great) risk of damaging the device. If this risk is present, normally a "go – no go" test is carried out up to an electromagnetic disturbance level which is equal to (or an agreed amount higher than) the minimum required immunity level, i.e. the immunity limit (see also 2.2).

## A.6 Compatibility level and margin

From the preceding sections it will be clear that it is often difficult, if not in fact impossible, to guarantee complete EMC, particularly because the definition of EMC refers to "its electromagnetic environment", which means the (time-dependent) totality of electromagnetic phenomena occurring at the location of that device. As explained in clause 3, the concept of probabilities (statistical distributions) has to be used to arrive at an acceptably high probability that electromagnetic compatibility will exist (for certain types of electromagnetic disturbances).

The compatibility level and its margin, defined in 2.2 and 2.3, and already discussed in 3.2.2, might be determined along the following (idealized) lines.