

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61000-2-4

Deuxième édition
Second edition
2002-06

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 2-4:

**Environnement – Niveaux de compatibilité
dans les installations industrielles pour les
perturbations conduites à basse fréquence**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 2-4:

**Environment – Compatibility levels in industrial
plants for low-frequency conducted disturbances**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61000-2-4:2002

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61000-2-4

Deuxième édition
Second edition
2002-06

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 2-4:

**Environnement – Niveaux de compatibilité
dans les installations industrielles pour les
perturbations conduites à basse fréquence**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 2-4:

**Environment – Compatibility levels in industrial
plants for low-frequency conducted disturbances**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	14
3 Définitions	14
3.1 Définitions générales	14
3.2 Définitions relatives aux phénomènes	18
4 Classes d'environnements électromagnétiques	22
5 Niveaux de compatibilité	24
5.1 Présentation générale	24
5.2 Déviations de tension	24
5.3 Creux de tension et coupures brèves	24
5.4 Déséquilibre de tension	26
5.5 Variations temporaires de la fréquence du réseau	26
5.6 Harmoniques	26
5.7 Interharmoniques	28
5.8 Composantes de tension aux fréquences supérieures (rangs supérieurs à 50)	30
5.9 Surtensions transitoires	30
5.10 Composante continue	30
6 Niveaux de compatibilité	30
Annexe A (informative) Explications et exemples relatifs aux interharmoniques	38
A.1 Résolution de tensions ou courants non sinusoïdaux	38
A.2 Phénomènes variant avec le temps	40
A.3 Définition de termes complémentaires	40
Annexe B (informative) Exemples de niveaux de perturbations prévisibles dans des réseaux industriels typiques	44
B.1 Niveaux de perturbation de tension dus à des convertisseurs de grande puissance	44
B.2 Niveaux de perturbation de la tension dans les réseaux industriels fortement chargés	50
B.3 Creux de tension et coupures brèves	54
B.4 Surtensions transitoires	56
Annexe C (informative) Niveaux interharmoniques	60
C.1 Source d'interharmoniques	60
C.2 Méthodes d'atténuation	68
C.3 Tensions aux fréquences plus élevées	72
Bibliographie	74
Figure 1 – Niveau de compatibilité interharmonique (Réponse du flickermètre à $P_{St} = 1$, relative aux lampes à incandescence de 60 W)	36
Figure B.1 – Exemple de distribution de puissance dans une industrie comprenant des laminoirs	46

4CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references.....	15
3 Definitions	15
3.1 General definitions.....	15
3.2 Phenomena-related definitions.....	19
4 Electromagnetic environment classes	23
5 Compatibility levels	25
5.1 General comment	25
5.2 Voltage deviations	25
5.3 Voltage dips and short interruptions	25
5.4 Voltage unbalance (imbalance)	27
5.5 Temporary power-frequency variation	27
5.6 Harmonics	27
5.7 Interharmonics.....	29
5.8 Voltage components at higher frequencies (above 50th harmonic).....	31
5.9 Transient overvoltages.....	31
5.10 DC component.....	31
6 Compatibility levels	31
Annex A (informative) Explanations and examples for interharmonics	39
A.1 Resolution of non-sinusoidal voltages and currents.....	39
A.2 Time varying phenomena	41
A.3 Definition of additional terms	41
Annex B (informative) Examples of expected disturbance levels in typical industrial networks.....	45
B.1 Voltage disturbance levels in industrial networks due to large converters	45
B.2 Voltage disturbance levels in industrial networks at high load	51
B.3 Voltages dips and short interruption	55
B.4 Transient overvoltages	57
Annex C (informative) Interharmonic and voltages at higher frequencies.....	61
C.1 Sources of interharmonics.....	61
C.2 Mitigation methods.....	69
C.3 Voltages at higher frequencies	73
Bibliography	75
Figure 1 – Interharmonic compatibility levels (Flickermeter response for $P_{St} = 1$ related to 60-W incandescent lamps)	37
Figure B.1 – Example of power distribution in industry with rolling mills.....	47

Figure B.2 – Exemple de distribution de puissance dans l'industrie papetière.....	48
Figure B.3 – Exemple de distribution de puissance dans une industrie de fabrication type.....	52
Figure B.4 – Enveloppe de tolérance des ATI – selon ITI (CEBEMA).....	58
Tableau 1 – Niveaux de compatibilité des tolérances de tension, déséquilibres de tension et variations de fréquence	32
Tableau 2 – Niveaux de compatibilité harmonique – Composante harmonique de tension Rangs impairs à l'exclusion des multiples de 3	32
Tableau 3 – Niveaux de compatibilité harmonique – Composantes harmoniques de tension Rangs impairs multiples de 3.....	34
Tableau 4 – Niveaux de compatibilité – Composantes harmoniques de tension Rangs pairs..	34
Tableau 5 – Niveaux de compatibilité du taux de distorsion harmonique total	34
Tableau B.1 – Types de réseaux	44
Tableau B.2 – Niveaux de perturbation de la tension dans une industrie de fabrication type ...	50
Tableau C.1 – Valeurs indicatives pour les tensions interharmoniques sur les réseaux à basse tension en relation avec l'effet de scintillement	66

Figure B.2 – Example of power distribution in the paper industry.....	49
Figure B.3 – Example of power distribution in a generic manufacturing industry	53
Figure B.4 – ITI (CEBEMA) – Curve of tolerance envelope of ITE	59
Table 1 – Compatibility levels for voltage tolerance, voltage unbalance and power-frequency variations	33
Table 2 – Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components Odd harmonics non-multiple of three	33
Table 3 – Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components Odd harmonics multiple of three	35
Table 4 – Compatibility levels – Harmonic voltage components even order	35
Table 5 – Compatibility levels for total harmonic distortion	35
Table B.1 – Type of network.....	45
Table B.2 – Voltage disturbance levels in a typical manufacturing industry	51
Table C.1 – Indicative values for interharmonic voltages in low-voltage networks with respect to the flicker effect	67

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61000-2-4 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la partie 2-4 de la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1994, et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77A/378/FDIS	77A/383/RVD

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

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 2-4: Environment –
Compatibility levels in industrial plants for
low-frequency conducted disturbances****FOREWORD**

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

International Standard IEC 61000-2-4 has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This standard forms part 2-4 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1994, and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
77A/378/FDIS	77A/383/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B and C are for information only.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2010. A cette date, la publication sera

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2010. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La CEI 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties 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'essai 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 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées soit comme Normes internationales, soit comme spécifications techniques ou rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie, suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-3-11).

Des informations détaillées sur les perturbations que l'on peut s'attendre à trouver sur les réseaux publics d'alimentation électrique figurent dans la CEI 61000-2-1 et la CEI 61000-2-12.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

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

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards, technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: 61000-3-11).

Detailed information on the various types of disturbances that can be expected on public power supply systems can be found in IEC 61000-2-1 and IEC 61000-2-12.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61000 est relative aux perturbations conduites dans le domaine de fréquence de 0 kHz à 9 kHz. Elle fournit les valeurs numériques des niveaux de compatibilité pour les réseaux de distribution d'énergie industriels et non publics, à des tensions nominales allant jusqu'à 35 kV et à la fréquence nominale de 50 Hz ou 60 Hz.

Les réseaux de distribution d'énergie sur les navires, aéronefs, plates-formes en mer et chemins de fer sont exclus.

Les niveaux de compatibilité spécifiés dans cette norme s'appliquent au point de couplage interne à l'installation. Aux bornes de puissance de l'équipement recevant son énergie des systèmes mentionnés ci-dessus, les niveaux de sévérité des perturbations peuvent, dans la plupart des cas, être pris égaux à ceux déclarés au point de couplage interne à l'installation. Il est des situations où il en va différemment, particulièrement dans le cas d'une ligne longue dédiée à l'alimentation d'une charge définie ou dans le cas d'une perturbation générée ou amplifiée dans l'installation dont l'équipement connecté forme une partie.

Les niveaux de compatibilité sont spécifiés pour les perturbations électromagnétiques auxquelles on peut s'attendre en tout point de couplage interne à l'installation (IPC) à l'intérieur d'usines ou d'autres réseaux non publics, afin de servir de guide:

- a) pour établir les limites d'émission sur les réseaux industriels (y compris les niveaux de planification définis en 3.1.5);

NOTE 1 On peut rencontrer une très large variété de conditions dans les environnements électromagnétiques des réseaux industriels ou autres réseaux non publics. Cette variété est approchée dans cette norme par les trois classes décrites à l'Article 4. Il est cependant de la responsabilité de l'opérateur d'un tel réseau de prendre en compte les particularités des conditions électromagnétiques et économiques, y compris celles concernant les caractéristiques des équipements, pour établir les limites mentionnées ci-dessus.

- b) pour choisir les niveaux d'immunité des équipements inclus dans ces systèmes.

Les phénomènes perturbateurs considérés sont les suivants:

- les déviations de tension;
- les creux de tension et coupures brèves;
- les déséquilibres de tension;
- les variations de fréquence;
- les harmoniques jusqu'au rang 50 inclus;
- les interharmoniques jusqu'au rang 50;
- les composantes de tension aux fréquences supérieures (au-dessus du rang 50);
- la composante continue;
- les surtensions transitoires.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances

1 Scope

This part of IEC 61000 is concerned with conducted disturbances in the frequency range from 0 kHz to 9 kHz. It gives numerical compatibility levels for industrial and non-public power distribution systems at nominal voltages up to 35 kV and a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz.

Power supply systems on ships, aircraft, offshore platforms and railways are not included.

The compatibility levels specified in this standard apply at the in-plant point of coupling. At the power input terminals of equipment receiving its supply from the above systems, the severity levels of the disturbances can, for the most part, be taken to be the same as the levels at the in-plant point of coupling. In some situations this is not so, particularly in the case of a long feeder dedicated to the supply of a particular load, or in the case of a disturbance generated or amplified within the installation of which the equipment forms a part.

Compatibility levels are specified for electromagnetic disturbances of the types which can be expected at any in-plant point of coupling (IPC) within industrial plants or other non-public networks, for guidance in

- a) limits to be set for disturbance emission into industrial power supply systems (including the planning levels defined in 3.1.5);

NOTE 1 A very wide range of conditions is possible in the electromagnetic environments of industrial and other non-public networks. These are approximated in this standard by the three classes described in Clause 4. However, it is the responsibility of the operator of such a network to take account of the particular electromagnetic and economic conditions, including equipment characteristics, in setting the above-mentioned limits.

- b) the choice of immunity levels for the equipment within these systems.

The disturbance phenomena considered are:

- voltage deviations;
- voltage dips and short interruptions;
- voltage unbalance;
- power-frequency variations;
- harmonics up to order 50;
- interharmonics up to the 50th harmonic;
- voltage components at higher frequencies (above 50th harmonic);
- d.c. component;
- transient overvoltages.

Les niveaux de compatibilité sont donnés pour différentes classes d'environnement électromagnétique déterminées par les caractéristiques du réseau de distribution d'énergie.

NOTE 2 Les niveaux de compatibilité au point de couplage commun (PCC) sur les réseaux publics sont spécifiés dans la CEI 61000-2-2 pour les réseaux à basse tension et dans la CEI 61000-2-12 pour les réseaux en moyenne tension. Les rapports techniques CEI 61000-3-6 et 61000-3-7 décrivent l'approche des responsables de la distribution électrique en ce qui concerne la limitation des émissions des installations et des charges de grande puissance.

2 Références normatives

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

CEI 60050-101, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 101: Mathématiques*

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

CEI 60050-551, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 551: Electronique de puissance*

CEI 61000-2-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-2: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites à basse fréquence et la transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation basse tension*

CEI 61000-2-12, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-12: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation à moyenne tension*¹

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61000, les définitions données dans le chapitre 161 et les parties 101 et 551 de la CEI 60050 (VEI), ainsi que les suivantes, s'appliquent.

3.1 Définitions générales

3.1.1

perturbation (électromagnétique)

tout phénomène électromagnétique qui, de par sa présence dans l'environnement électromagnétique, peut faire dévier un équipement électrique de sa performance attendue

[VEI 161-01-05 modifiée]

3.1.2

niveau de perturbation

amplitude d'une perturbation électromagnétique, mesurée et évaluée au moyen d'une méthode spécifiée

[VEI 161-03-01 modifiée]

¹ A publier.

The compatibility levels are given for different classes of the electromagnetic environment determined by the characteristics of the supply network.

NOTE 2 Compatibility levels at the point of common coupling (PCC) on public networks are specified in IEC 61000-2-2 for low-voltage networks and IEC 61000-2-12 for medium-voltage networks. Technical reports IEC 61000-3-6 and IEC 61000-3-7 describe the approach of supply authorities to the limitation of emissions from installations and large loads.

2 Normative references

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

IEC 60050-101, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 101: Mathematics*

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

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*

IEC 61000-2-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 61000-2-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-12: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems*¹

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 61000, the definitions given in chapter 161 and parts 101 and 551 of IEC 60050 (IEV) as well as the following apply.

3.1 General definitions

3.1.1

(electromagnetic) disturbance

any electromagnetic phenomenon which, by being present in the electromagnetic environment, can cause electrical equipment to depart from its intended performance

[IEV 161-01-05, modified]

3.1.2

disturbance level

amount or magnitude of an electromagnetic disturbance, measured and evaluated in a specified way

[IEV 161-03-01, modified]

¹ To be published.

3.1.3

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

[VEI 161-01-07]

NOTE 1 La compatibilité électromagnétique est une condition de l'environnement électromagnétique telle que, pour chaque phénomène, le niveau d'émission perturbateur est suffisamment bas et les niveaux d'immunité sont suffisamment hauts pour que tous les matériels, équipements et systèmes, fonctionnent comme prévu.

NOTE 2 La compatibilité électromagnétique n'est assurée que si les niveaux d'émission et d'immunité sont contrôlés de telle sorte que les niveaux d'immunité des matériels, équipements et systèmes, en n'importe quel point, ne sont pas dépassés par le niveau de perturbation en cet endroit, résultant de l'émission cumulée de toutes les sources et d'autres facteurs, tels que l'impédance des circuits. Conventionnellement, on dit qu'il y a compatibilité électromagnétique si la probabilité de déviation de la performance attendue, ou d'apparition d'un comportement perturbé, est suffisamment basse. Voir article 4 de la CEI 61000-2-1.

NOTE 3 Où le contexte le rend nécessaire, la compatibilité électromagnétique peut être prise en référence à une perturbation singulière ou à une classe de perturbations.

NOTE 4 La compatibilité électromagnétique est un terme également utilisé pour décrire le champ d'investigations relatif aux perturbations susceptibles d'affecter le comportement des matériels, équipements ou systèmes, et qui peuvent se produire du fait d'autres matériels, équipements ou systèmes, ou du fait de phénomènes électromagnétiques.

3.1.4

niveau de compatibilité (électromagnétique)

niveau de perturbation électromagnétique spécifié utilisé en tant que niveau de référence dans un environnement spécifié pour la coordination dans l'établissement des limites d'émission et d'immunité

[VEI 161-03-10 modifiée]

NOTE Par convention, le niveau de compatibilité électromagnétique est choisi de telle sorte que la probabilité de dépassement de ce niveau par les perturbations effectives soit très faible.

3.1.5

niveau de planification

niveau affecté à une perturbation particulière dans un environnement particulier, adopté comme référence pour l'établissement des limites d'émission des charges de grande puissance et des installations, dans le but de coordonner ces limites avec toutes les autres limites adoptées pour les équipements devant être raccordés au réseau de distribution d'énergie

NOTE Le niveau de planification est spécifique du lieu où on l'applique, et il est adopté par les responsables de la planification et de l'exploitation du réseau de distribution d'énergie à l'endroit considéré. (D'autres explications sont données à l'Annexe A de la CEI 61000-2-2).

3.1.6

point de couplage commun

PCC

point électriquement le plus proche d'une charge particulière, situé sur le réseau public de distribution d'énergie, auquel d'autres charges sont ou pourraient être raccordées

[VEI 161-07-15 modifiée]

3.1.7

point de couplage interne

IPC

point électriquement le plus proche d'une charge particulière, situé sur un réseau non public de distribution d'énergie ou à l'intérieur d'une installation, auquel d'autres charges sont ou pourraient être raccordées

NOTE Usuellement l'IPC est le point auquel on étudie la compatibilité électromagnétique.

3.1.3

electromagnetic compatibility

EMC

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

[IEV 161-01-07]

NOTE 1 Electromagnetic compatibility is a condition of the electromagnetic environment such that, for every phenomenon, the disturbance emission level is sufficiently low and immunity levels are sufficiently high so that all devices, equipment and systems operate as intended.

NOTE 2 Electromagnetic compatibility is achieved only if emission and immunity levels are controlled such that the immunity level of devices, equipment and systems, at any location, are not exceeded by the disturbance level at that location, resulting from the cumulative emission of all sources and other factors such as circuit impedances. Conventionally, compatibility is said to exist if the probability of the departure from intended performance or of the adverse effect is sufficiently low. See Clause 4 of IEC 61000-2-1.

NOTE 3 Where the context requires it, compatibility may be understood to refer to a single disturbance or class of disturbances.

NOTE 4 Electromagnetic compatibility is a term used also to describe the field of study of the adverse electromagnetic effect which devices, equipment and systems undergo from each other or from electromagnetic phenomena.

3.1.4

(electromagnetic) compatibility level

specified electromagnetic disturbance level used as a reference level in a specified environment for coordination in the setting of emission and immunity limits

[IEV 161-03-10, modified]

NOTE By convention, the compatibility level is chosen so that there is only a small probability that it will be exceeded by the actual disturbance level.

3.1.5

planning level

level of a particular disturbance in a particular environment, adopted as a reference value for the limits to be set for the emission of large loads and installations, in order to coordinate those limits with all the limits adopted for equipment intended to be connected to the power supply system

NOTE The planning level is locally specific and is adopted by those responsible for planning and operating the power supply network in the relevant area. (For further explanation, see Annex A of IEC 61000-2-2.)

3.1.6

point of common coupling

PCC

point on a public power supply network, electrically nearest to a particular load, at which other loads are, or could be, connected

[IEV 161-07-15, modified]

3.1.7

in-plant point of coupling

IPC

point on a network inside a system or an installation, electrically nearest to a particular load, at which other loads are, or could be, connected

NOTE The IPC is usually the point for which electromagnetic compatibility is to be considered.

3.2 Définitions relatives aux phénomènes

Les définitions ci-dessous, relatives aux harmoniques, sont fondées sur l'analyse des systèmes de tensions ou de courants au moyen de la transformée de Fourier discrète (DFT). Il s'agit de l'application pratique de la transformée de Fourier telle que définie au VEI 101-13-09. Voir Annexe A.

NOTE La transformée de Fourier appliquée à une fonction du temps, qu'elle soit périodique ou non, est une fonction dans le domaine de fréquence appelée spectre fréquentiel de la fonction du temps, ou plus simplement spectre. Si la fonction du temps est périodique, le spectre est constitué de raies distinctes (ou composantes). Si la fonction du temps n'est pas périodique, le spectre est une fonction continue, qui montre la présence de composantes à toutes les fréquences.

D'autres définitions relatives aux harmoniques ou interharmoniques sont données dans le VEI et dans d'autres normes. Certaines de ces autres définitions, bien qu'elles ne soient pas utilisées dans cette norme sont présentées dans l'Annexe A.

3.2.1

fréquence fondamentale

fréquence, dans le spectre obtenu au moyen de la transformée de Fourier d'une fonction du temps, en référence à laquelle toutes les fréquences du spectre sont définies. Pour les besoins de cette norme, la fréquence fondamentale est la même que la fréquence du réseau de distribution d'énergie

[VEI 101-14-50 modifiée]

NOTE 1 Dans le cas d'une fonction périodique, la fréquence fondamentale est généralement égale à celle de la fonction elle-même. (Voir A.1).

NOTE 2 Dans le cas où il subsisterait un risque d'ambiguïté, la fréquence du réseau de distribution d'énergie pourrait toujours être définie en référence à la polarité et à la vitesse de rotation des alternateurs synchrones alimentant le système.

NOTE 3 Cette définition peut être appliquée à n'importe quel système industriel de distribution d'énergie sans référence à la charge qu'il alimente (charge unitaire ou combinaison de charges, machines tournantes ou autres charges), et même si le générateur alimentant le réseau est un convertisseur statique.

3.2.2

composante fondamentale (ou fondamental)

composante dont la fréquence est la fréquence fondamentale

3.2.3

fréquence harmonique

fréquence qui est un multiple entier de la fréquence fondamentale. Le rapport de la fréquence harmonique à la fréquence fondamentale est nommé rang harmonique (notation recommandée «*h*»)

3.2.4

composante harmonique

toute composante à une fréquence harmonique. Sa valeur est normalement exprimée en valeur efficace

En bref, une telle composante peut être simplement désignée comme un harmonique

3.2.5

fréquence interharmonique

toute fréquence qui n'est pas un multiple entier de la fréquence fondamentale

NOTE 1 Par extension du rang harmonique, le rang interharmonique est le rapport de la fréquence interharmonique à la fréquence fondamentale; ce rapport n'est pas un entier. (Notation recommandée «*m*»).

NOTE 2 Dans le cas où $m < 1$, le terme fréquence sous-harmonique peut être également utilisé.

3.2 Phenomena-related definitions

The definitions below that relate to harmonics are based on the analysis of system voltages or currents by the Discrete Fourier Transform method (DFT). This is the practical application of the Fourier Transform as defined in IEC 101-13-09. See Annex A.

NOTE The Fourier Transform of a function of time, whether periodic or non-periodic, is a function in the frequency domain and is referred to as the frequency spectrum of the time function, or simply spectrum. If the time function is periodic the spectrum is constituted of discrete lines (or components). If the time function is not periodic, the spectrum is a continuous function indicating components at all frequencies.

Other definitions related to harmonics or interharmonics are given in IEC and other standards. Some of those other definitions, although not used in this standard, are discussed in Annex A.

3.2.1

fundamental frequency

frequency, in the spectrum obtained from a Fourier transform of a time function, to which all the frequencies of the spectrum are referred. For the purposes of this standard, the fundamental frequency is the same as the power supply frequency

[IEC 101-14-50, modified]

NOTE 1 In the case of a periodic function, the fundamental frequency is generally equal to the frequency of the function itself. (See A.1.)

NOTE 2 In case of any remaining risk of ambiguity, the power supply frequency should be referred to the polarity and speed of rotation of the synchronous generator(s) feeding the system.

NOTE 3 This definition may be applied to any industrial power supply network, without regard to the load it supplies (a single load or a combination of loads, rotating machines or other loads), and even if the generator feeding the network is a semiconductor converter.

3.2.2

fundamental component (or fundamental)

component whose frequency is the fundamental frequency

3.2.3

harmonic frequency

frequency which is an integer multiple of the fundamental frequency. The ratio of the harmonic frequency to the fundamental frequency is named harmonic order. (Recommended notation " h ")

3.2.4

harmonic component

any of the components having a harmonic frequency. Its value is normally expressed as an r.m.s. value

For brevity, such a component may be referred to simply as a harmonic

3.2.5

interharmonic frequency

any frequency which is not an integer multiple of the fundamental frequency

NOTE 1 By extension from harmonic order, the interharmonic order is the ratio of interharmonic frequency to the fundamental frequency. This ratio is not an integer. (Recommended notation " m ")

NOTE 2 In the case where $m < 1$, the term sub-harmonic frequency may also be used.

3.2.6

composante interharmonique

composante à une fréquence interharmonique. Sa valeur est normalement exprimée en valeur efficace.

En bref une telle composante peut être simplement désignée comme un interharmonique.

NOTE Pour les besoins de cette norme, et ainsi que décrit dans la CEI 61000-4-7, la largeur de la fenêtre d'observation est de 10 périodes fondamentales (pour les systèmes à 50 Hz) ou de 12 périodes fondamentales (systèmes à 60 Hz), c'est-à-dire approximativement 200 ms. En conséquence, la différence en fréquence entre deux composantes interharmoniques consécutives est approximativement 5 Hz.

3.2.7

taux de distorsion harmonique total

THD

rapport de la valeur efficace de la somme des composantes harmoniques jusqu'à un rang spécifié (notation recommandée «H») à la valeur efficace de la composante fondamentale

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}$$

où

Q représente soit le courant soit la tension;

Q_1 est la valeur efficace de la composante fondamentale;

h est le rang harmonique;

Q_h est la valeur efficace de la composante harmonique de rang h ;

H est égal à 50 pour les niveaux de compatibilité définis dans cette norme.

NOTE THD prend en compte uniquement les harmoniques. Pour les cas dans lesquels les interharmoniques sont à exclure, voir A.3.1.

3.2.8

déséquilibre de tension

dans un système polyphasé, condition dans laquelle les valeurs efficaces des tensions entre phases (composantes fondamentales), ou dans laquelle les angles entre tensions entre phases consécutives ne sont pas tous égaux. On exprime usuellement le degré d'inégalité par le rapport de la composante inverse à la composante directe et par le rapport de la composante homopolaire à la composante directe

[VEI 161-08-09 modifiée]

NOTE 1 On caractérise généralement le déséquilibre d'un système triphasé uniquement par sa composante inverse. Dans certains cas cependant, il convient aussi d'examiner la composante homopolaire.

NOTE 2 Plusieurs approximations fournissent une valeur raisonnablement précise du déséquilibre de tension tel qu'on le rencontre usuellement (rapport de la composante inverse à la composante directe):

$$\text{par exemple, taux de déséquilibre} = \sqrt{6 \times \frac{U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2}{(U_{12} + U_{23} + U_{31})^2}} - 2$$

où U_{12} , U_{23} , U_{31} représentent les trois tensions à la fréquence fondamentale entre phases.

3.2.9

déviations de tension

augmentation ou diminution de la valeur efficace de la tension d'alimentation ayant pour origine la variation de la charge sur le réseau de distribution d'énergie ou sur une partie de celui-ci, ou changement rapide de tension, répétitif ou non, dû à un changement rapide de la charge (voir le premier alinéa de 4.2 de la CEI 61000-2-2), les transitoires sans effets rémanents sont exclus.

NOTE Certaines déviations de tension peuvent être des changements rapides dont l'origine est l'adaptation du réseau aux conditions de charge (exemples: changements de prise de réglage en charge des transformateurs, effet permanent de la commutation des bancs de condensateurs). Les fluctuations de tension, qui peuvent être la cause de papillotement (flicker) constituent un phénomène différent (séries de changements de tension ou changements de tension cycliques). Les variations de tension et les fluctuations de tension sont les principaux types de changements de tension.

3.2.6**interharmonic component**

component having an interharmonic frequency. Its value is normally expressed as an r.m.s. value.

For brevity, such a component may be referred to simply as an interharmonic

NOTE For the purpose of this standard, and as stated in IEC 61000-4-7, the time window has a width of 10 fundamental periods (for 50 Hz systems) or 12 fundamental periods (for 60 Hz systems), i.e. approximately 200 ms. The difference in frequency between two consecutive interharmonic components is, therefore, approximately 5 Hz.

3.2.7**total harmonic distortion****THD**

ratio of the r.m.s. value of the sum of all the harmonic components up to a specified order (recommended notation "*H*") to the r.m.s. value of the fundamental component

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}$$

where:

Q represents either current or voltage;

*Q*₁ is the r.m.s. value of the fundamental component;

h is the harmonic order;

*Q*_{*h*} is the r.m.s. value of the harmonic component of order *h*;

H is 50 for the purpose of the compatibility levels in this standard.

NOTE *THD* takes account of harmonics only. For the case where interharmonics are to be included, see A.3.1.

3.2.8**voltage unbalance (imbalance)**

condition in a polyphase system in which the r.m.s. values of the line-to line voltages (fundamental component), or the phase angle between consecutive line-to line voltages, are not all equal. The degree of the inequality is usually expressed as the ratios of the negative and zero sequence components to the positive sequence component

[IEV 161-08-09, modified]

NOTE 1 Generally voltage unbalance, in relation to three-phase systems, is considered through its negative phase sequence only. However, in some circumstances, the zero sequence component should also be considered.

NOTE 2 Several approximations give reasonably accurate results for the levels of unbalance normally encountered (ratio of negative to positive sequence components):

$$\text{e.g. voltage unbalance} = \sqrt{6 \times \frac{U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2}{(U_{12} + U_{23} + U_{31})^2}} - 2$$

where *U*₁₂, *U*₂₃, *U*₃₁ are the three fundamental line-to-line voltages.

3.2.9**voltage deviation**

increase or decrease of the r.m.s. supply voltage normally due to the variation of the load on the supply network or a part of it, or a rapid voltage change repeated, or not, due to a rapid change of load (see the first paragraph of 4.2 of IEC 61000-2-2); the part of transients with no remaining effects is excluded

NOTE Some voltage deviations may be fast changes due to adaptation of the voltage network to the load conditions (example: voltage taps changes of transformers, permanent effect of capacitor bank switching). Voltage fluctuation, which may cause flicker is a different phenomenon (series of voltage changes or cyclical voltage changes). Voltage variations and voltage fluctuations are the major types of voltage changes.

3.2.10

creux de tension

chute soudaine de la tension, en un point particulier d'un réseau d'alimentation électrique, en dessous d'un seuil de creux, suivi de son rétablissement après un intervalle de temps court

NOTE 1 Le creux de tension est typiquement associé à l'apparition et à l'élimination d'un court-circuit, ou de tout autre cas de forte surintensité sur le réseau ou l'installation qui lui est connectée.

NOTE 2 Le seuil est normalement placé au niveau le plus bas de la bande de tolérance de la tension.

3.2.11

surtension transitoire

surtension oscillatoire ou non oscillatoire, à fort amortissement et de durée pouvant atteindre quelques ms. Le niveau de compatibilité correspond à la valeur crête entre phase et terre.

NOTE L'origine des surtensions transitoires est généralement atmosphérique ou due aux manœuvres sur le réseau (commutation, fusion de fusibles). Son temps de montée peut être inférieur à 1 µs et peut aller jusqu'à quelques ms.

4 Classes d'environnements électromagnétiques

Plusieurs classes d'environnements électromagnétiques sont envisageables mais, dans le but de simplifier leur utilisation, trois seulement sont considérées et définies dans cette norme; elles sont les suivantes.

- Classe 1 Cette classe s'applique aux réseaux protégés et ses niveaux de compatibilité sont plus bas que ceux des réseaux publics. Elle se rapporte à l'utilisation d'appareils très sensibles aux perturbations du réseau de puissance, par exemple instrumentation de laboratoires, certains équipements d'automatisation et de protection, certains ordinateurs, etc.
- Classe 2 Cette classe s'applique aux PCC et aux IPC dans les environnements industriels en général ainsi que d'autres réseaux non publics. Les niveaux de compatibilité de cette classe sont généralement identiques à ceux des réseaux publics. Par conséquent, les composants développés pour l'application sur les réseaux publics peuvent être utilisés dans cette classe d'environnement industriel.
- Classe 3 Cette classe ne s'applique qu'aux IPC des environnements industriels. Les niveaux de compatibilité y sont supérieurs à ceux de la classe 2 pour certaines perturbations. Par exemple, il convient d'envisager cette classe quand l'une des conditions suivantes est rencontrée:
 - la majeure partie des charges est alimentée à travers des convertisseurs;
 - des machines à souder sont présentes;
 - des moteurs de forte puissance sont fréquemment démarrés;
 - les charges varient rapidement.

La classe applicable pour une nouvelle installation ou une extension d'installation existante ne peut être déterminée *a priori*; il convient qu'elle soit retenue en fonction des types d'équipements et du procédé considéré.

NOTE 1 La classe 1 d'environnement contient normalement des équipements qui nécessitent une protection par des appareils tels que des alimentations sans interruption (ASI), des filtres ou des parasurtenseurs.

NOTE 2 Dans certains cas, des équipements hautement sensibles peuvent nécessiter des niveaux de compatibilité plus bas que ceux de la classe d'environnement 1. Les niveaux de compatibilité sont alors agréés cas par cas (environnement contrôlé).

NOTE 3 L'alimentation de charges fortement perturbatrices, telles que des fours à arcs ou de gros convertisseurs, généralement alimentés par un jeu de barres séparé, présente fréquemment des niveaux de perturbations qui excèdent ceux de la classe 3 (environnement sévère). Dans de telles situations, il convient que les niveaux de compatibilité fassent l'objet d'un accord.

NOTE 4 Pour prendre en compte la diversité des environnements industriels, il se peut que des classes différentes s'appliquent à divers phénomènes pour un quelconque réseau donné.

3.2.10**voltage dip (voltage sag)**

sudden reduction of the voltage at a particular point on an electricity supply system below a dip threshold voltage, followed by its recovery after a brief interval

NOTE 1 Typically a dip is associated with the occurrence and termination of a short circuit or other extreme current increase on the system or installations connected to it.

NOTE 2 Generally the threshold corresponds to the minimum value of the tolerance band.

3.2.11**transient overvoltage**

oscillatory or non-oscillatory overvoltage, highly damped and up to a few ms in duration. Compatibility level is related to the peak value line to earth

NOTE The origin of transient overvoltages is generally atmospheric or in operations in the network (switching, fuses). Its rise time may be from less than 1 μ s to a few ms.

4 Electromagnetic environment classes

Several classes of electromagnetic environment can be defined, but for simplicity only three are considered and defined in this standard, as follows.

- Class 1 This class applies to protected supplies and has compatibility levels lower than those on public networks. It relates to the use of equipment very sensitive to disturbances in the power supply, for instance electrical instrumentation in laboratories, some automation and protection equipment, some computers, etc.
- Class 2 This class applies generally to PCCs and to IPCs in the environments of industrial and other non-public power supplies. The compatibility levels of this class are generally identical to those of public networks. Therefore, components designed for supply from public networks may be used in this class of industrial environment.
- Class 3 This class applies only to IPCs in industrial environments. It has higher compatibility levels than those of class 2 for some disturbance phenomena. For instance, this class should be considered when any of the following conditions are met:
- a major part of the load is fed through converters;
 - welding machines are present;
 - large motors are frequently started;
 - loads vary rapidly.

The class applicable for new plants and extensions of existing plants cannot be determined *a priori* and should relate to the type of equipment and process under consideration.

NOTE 1 Class 1 environments normally contain equipment which requires protection by such apparatus as uninterruptible power systems (UPS), filters or surge suppressers.

NOTE 2 In some cases, highly sensitive equipment may require compatibility levels lower than the ones relevant to class 1 environments. The compatibility levels are then to be agreed upon case by case (controlled environment).

NOTE 3 The supply to highly disturbing loads, such as arc-furnaces and large converters which are generally supplied from a segregated busbar, frequently has disturbance levels in excess of class 3 (harsh environment). In such special situations, the compatibility levels should be agreed upon.

NOTE 4 Taking account of diversity of industrial environments, different classes can be relevant for different phenomena in any given network.

5 Niveaux de compatibilité

5.1 Présentation générale

Les niveaux de compatibilité sont indiqués pour les diverses perturbations et uniquement sur la base de perturbations considérées individuellement. Cependant l'environnement électromagnétique comporte généralement plusieurs perturbations simultanées et la performance de certains équipements peut être affectée par une combinaison particulière de perturbations. Voir l'Article A.2 de la CEI 61000-2-2.

Les niveaux sont indiqués dans les Tableaux 1 à 5. Voir également le guide concernant les interharmoniques en Annexe C.

Il convient de classer les IPC en catégories en fonction de leurs niveaux de compatibilité. Pour permettre le choix d'appareils ou d'équipements spécifiques tels que des machines tournantes, des batteries de condensateurs, des filtres, il peut être nécessaire d'obtenir une description particulière des variations de tension qui peuvent se présenter aux bornes des équipements. Les comités techniques responsables des normes de produits concernés fourniront les informations permettant de réaliser les bons choix de composants. Il est recommandé que ces comités tiennent aussi compte des niveaux de compatibilité de cette norme quand seront spécifiées les conditions de fonctionnement de l'alimentation de l'équipement.

Les niveaux de compatibilité sont donnés à l'IPC, ce qui n'implique pas nécessairement le respect des prescriptions en émissions au PCC. Ce fait sera soigneusement considéré lors du choix de l'équipement.

NOTE 1 Les équipement fonctionnant en classe 1 sont généralement des équipement basse tension.

NOTE 2 Pour illustrer les niveaux de perturbation causés par des convertisseurs de puissance dans différents environnements industriels, quelques exemples de résultats de calculs sont communiqués dans l'Annexe B.

NOTE 3 Les niveaux de compatibilité de la classe 3 couvrent les perturbations possibles en environnements industriels. Dans une installation spécifiée, on peut penser que seulement quelques types de perturbations apparaissent avec le niveau indiqué en classe 3. Dans la mesure où les équipements ou appareils présentent des susceptibilités différentes aux différents types de perturbations, un appareil ou équipement spécifique peut être utilisé conditionnellement en classe 3, en fonction des niveaux réels des perturbations.

NOTE 4 Les niveaux de perturbation, qui varient à la fois dans le temps et en fonction du lieu, ne peuvent pas être maîtrisés en tout lieu et à tout instant. Il convient donc d'assurer l'évaluation pour la totalité du système considéré, plutôt qu'en un endroit spécifique de ce système.

5.2 Déviations de tension

Voir le Tableau 1. En classe 3, on peut s'attendre à des déviations de tension dont le résultat est une tension comprise dans la bande $0,85 U_C$ à $0,9 U_C$ avec une durée inférieure à 60 s. On applique la bande de déviation $0,9 U_C$ à $1,1 U_C$ pour des durées plus longues.

NOTE 1 Les fluctuations de tension conduisant aux papillotements (flicker) ne concernent que les équipements d'éclairage. Il convient de lier cette appréciation à une alimentation de classe 2. Les niveaux de compatibilité de la CEI 61000-2-2 s'appliquent.

NOTE 2 Dans des conditions particulières, certains équipements peuvent être affectés par des variations rapides de la tension.

5.3 Creux de tension et coupures brèves

Pour les IPC de la classe 1, une protection assurée par ASI est envisagée et on ne devrait pas y rencontrer de creux de tension.

L'Article B.3 fournit une discussion à propos des autres aspects de ces phénomènes.

5 Compatibility levels

5.1 General comment

The compatibility levels are set down for the various disturbances on an individual basis only. However, the electromagnetic environment usually contains several disturbances simultaneously, and the performance of some equipment can be degraded by particular combinations of disturbances. See Clause A.2 of IEC 61000-2-2.

Levels are provided in Table 1 to Table 5. See also guidance for interharmonics in Annex C.

IPCs should be categorized according to their compatibility levels. To enable the selection of specific equipment or devices such as rotating machines, power-capacitor banks, filters, it may be necessary to obtain a specific description of the voltage deviations that may be present at the equipment terminals. The technical committees responsible for the relevant product standards will specify the information to facilitate the proper selection of components. They should also take into account the compatibility levels in this standard when specifying the supply operating conditions of the equipment.

Compatibility levels are given at the IPCs, but this does not imply that disturbances at these levels will satisfy the emission requirements at the PCC. This fact is to be carefully considered when selecting the equipment.

NOTE 1 Equipment operating within class 1 is generally low-voltage equipment.

NOTE 2 To illustrate disturbance levels caused by power converters in various industrial environments, a few examples of calculated results are given in Annex B.

NOTE 3 The compatibility levels of class 3 cover the possible disturbances in industrial environments. For a specific installation it is expected that only some types of disturbances occur with the level pertaining to class 3. Since equipment or devices have different sensitivities to the various types of disturbances, a specific equipment or device may be used conditionally with a class 3 supply depending on the actual disturbance levels.

NOTE 4 Disturbance levels, which have both time and location variations, cannot be controlled at all locations and at all times. Therefore, evaluation should be made for the entire industrial system being considered, rather than at a specific location within that system.

5.2 Voltage deviations

See Table 1. For class 3, voltage deviations resulting in supply voltages in the range $0,85 U_C$ to $0,9 U_C$ are expected for a duration not longer than 60 s. For longer durations the range $0,9 U_C$ to $1,1 U_C$ applies.

NOTE 1 Voltage fluctuation leading to flicker is generally of concern only to lighting equipment. This should be connected to a class 2 supply. The compatibility levels of IEC 61000-2-2 apply.

NOTE 2 In certain circumstances, some equipment might be sensitive to rapid voltage changes.

5.3 Voltage dips and short interruptions

For class 1 IPCs, a protection provided by UPSs is considered and dips are not expected.

For a discussion of the other aspects of these phenomena see Clause B.3.

5.4 Déséquilibre de tension

Dans cette norme, on ne considère le déséquilibre de tension que relativement à la composante inverse qui est la composante à prendre en compte lorsqu'on s'intéresse aux interférences possibles avec les équipements raccordés aux réseaux de distribution d'énergie objets de cette norme. Dans cette norme, on considère le déséquilibre de tension en relation avec ses effets à long terme, c'est-à-dire pour des durées égales ou supérieures à 10 min.

NOTE 1 Certains équipements de protection peuvent être sensibles à la composante homopolaire de tension. Il convient de prendre garde à cet aspect sur l'ensemble de l'installation.

NOTE 2 Les composantes homopolaire de la tension concernent principalement les harmoniques multiples de 3.

NOTE 3 Les convertisseurs électroniques produisent des rangs harmoniques caractéristiques en raison de leur topologie lorsqu'ils fonctionnent dans leurs conditions normales d'emploi. Des conditions d'emploi différentes, telles que présentant un déséquilibre de la tension d'alimentation, instants de commutation non idéaux, etc. peuvent entraîner la création d'autres rangs.

Le déséquilibre de tension causé par une charge monophasée raccordée entre deux phases est pratiquement égal au rapport de la puissance de cette charge à la puissance de court-circuit du réseau triphasé. En l'absence de charge monophasée significative, on peut appliquer les niveaux de compatibilité de la classe 2.

5.5 Variations temporaires de la fréquence du réseau

Les niveaux de compatibilité des variations de fréquence des réseaux publics s'appliquent aux installations industrielles alimentées à partir des réseaux publics.

Dans la majorité des cas, la variation est située dans une tranche de 1 Hz par rapport à la fréquence nominale telle que définie en 4.8 de la CEI 61000-2-2. Quand des interconnexions synchrones sont mises en place à l'échelle d'un continent, la variation est généralement bien moindre.

Le niveau de compatibilité pour des variations temporaires de la fréquence par rapport à la fréquence nominale est de ± 1 Hz. La déviation quasi stationnaire de la fréquence par rapport à la fréquence nominale est bien moindre.

NOTE 1 La rapidité de changement de fréquence est un paramètre significatif pour certains équipements.

NOTE 2 En cas de fonctionnement isolé par rapport au réseau public, on peut s'attendre à des variations de fréquence pouvant aller jusqu'à ± 4 %. Les niveaux réels de compatibilité dans ce cas feront l'objet d'un accord.

5.6 Harmoniques

Les niveaux de compatibilité des composantes harmoniques individuelles de tension doivent être compris comme relatifs aux états stationnaires ou quasi stationnaires; ils sont donnés en tant que valeurs de référence aussi bien pour les effets à long terme que pour les effets à très court terme.

Les effets à long terme concernent principalement les conséquences thermiques sur les câbles, les transformateurs, les moteurs, les condensateurs, etc. Ils proviennent de niveaux harmoniques maintenus pendant des durées égales ou supérieures à 10 min.

Les niveaux de compatibilité relatifs aux harmoniques individuels en ce qui concerne les effets à long terme sont donnés dans les Tableaux 2 à 4. Les niveaux de compatibilité relatifs au taux de distorsion harmonique total correspondant sont donnés dans le Tableau 5.

Les effets à très court terme concernent principalement les effets perturbants sur des équipements électroniques qui peuvent être susceptibles à des niveaux d'harmoniques d'une durée de 3 s au moins. Les transitoires ne sont pas considérés.

En ce qui concerne les effets à très court terme pour les classes 1 et 3, les niveaux de compatibilité relatifs aux taux de distorsion harmonique individuel et total sont égaux à 1,5 fois les valeurs données dans les Tableaux 2 à 5.

5.4 Voltage unbalance (imbalance)

In this standard, voltage unbalance is considered only in relation to the negative phase sequence component, this being the component relevant to possible interference with equipment connected to the power supply systems covered by this standard. In this standard, voltage unbalance is considered in relation to long-term effect, i.e. for durations equal to or higher than 10 min.

NOTE 1 Some protection equipment may be sensitive to the zero sequence voltage component. Care should be taken of this aspect at the installation level.

NOTE 2 Zero sequence voltages are of concern mainly for harmonics multiples of 3.

NOTE 3 Electronic converters produce characteristic harmonic orders due to their topology when used under their rated operating conditions. Different operating conditions such as unbalance, non-ideal commutation instants, etc. may cause other harmonic orders to be produced.

The voltage unbalance caused by a single-phase load connected line-to-line is in practice equal to the ratio of the load power to the network three-phase short circuit power. If no substantial single-phase load is present, the compatibility levels of class 2 may be applied.

5.5 Temporary power-frequency variation

The compatibility levels of power-frequency deviations of the public network apply to industrial plants fed from the public power supply.

For the most part, the range is within 1 Hz of the nominal frequency as stated in 4.8 of IEC 61000-2-2. Where synchronous interconnection is implemented on a continental scale, the variation is usually very much less.

The compatibility level for the temporary variation of frequency from the nominal frequency is ± 1 Hz. The steady-state deviation of frequency from the nominal frequency is much less.

NOTE 1 For some equipment the rate of change of frequency is significant.

NOTE 2 In the case of supply systems isolated from the public network, frequency variations up to ± 4 % are expected. The actual compatibility levels in this instance are to be agreed upon.

5.6 Harmonics

The compatibility levels for individual harmonic components of the voltage shall be understood to relate to quasi-stationary or steady-state harmonics and are given as reference values for both long-term effects and very short-term effects.

The long-term effects relate mainly to thermal effects on cables, transformers, motors, capacitors, etc. They arise from harmonic levels which are sustained for periods equal to or higher than 10 min.

With reference to long-term effects, compatibility levels for individual harmonic components of the voltage are given in Tables 2 to 4. The corresponding compatibility levels for the total harmonic distortion are given in Table 5.

Very short-term effects relate mainly to disturbing effects on electronic devices that may be susceptible to harmonic levels sustained for 3 s or less. Transients are not included.

With reference to very short-term effects in class 1 and class 3, compatibility levels for individual harmonic components of the voltage, and for total harmonic distortion, are 1,5 times the values given in Tables 2 to 5.

Pour la classe 2, ils valent k fois la valeur des Tableaux 2 à 4, k étant déterminé comme suit:

$$k = 1,3 + \frac{0,7}{45} \times (h - 5)$$

En ce qui concerne les effets à très court terme, le niveau de compatibilité du taux de distorsion harmonique total correspondant à la classe 2, est 8 % ($THD = 8\%$).

NOTE 1 Les encoches de commutation sont ici incluses en fonction de leur contribution au contenu harmonique de la tension; d'autres aspects (par exemple l'influence sur la commutation d'autres convertisseurs, ou toute influence sur d'autres équipements qui concernent les rangs les plus élevés du spectre) requièrent une description dans le domaine temporel (voir la norme de produits applicable).

NOTE 2 Partout où des condensateurs de correction de facteur de puissance sont utilisés dans des réseaux industriels, et en particulier pour ceux qui sont raccordés aux IPC de classe 3, il convient de les raccorder au réseau par des réactances en série. Là où des interharmoniques peuvent être présents il y a risque de résonance et il convient que ce risque soit évalué attentivement. Là où l'absence de résonance est clairement établie et où l'amplitude maximale des harmoniques est bien inférieure aux niveaux de compatibilité de la classe 3, les réactances série peuvent ne pas être nécessaires, mais cet aspect sera soigneusement vérifié.

NOTE 3 Les valeurs spécifiées du taux de distorsion harmonique total ne présentent pas une corrélation spécifique avec le comportement de tel ou tel équipement ou appareil. En revanche elles ont pour objectif d'empêcher la présence simultanée de plusieurs composantes harmoniques d'amplitude significative.

5.7 Interharmoniques

L'Annexe C fournit des informations sur les sources, les effets et les méthodes d'atténuation des interharmoniques. A titre de guide, elle fournit également des niveaux indicatifs jusqu'à ce que des niveaux de compatibilité puissent être publiés sur la base d'une plus grande expérimentation.

Dans cette norme, les niveaux de compatibilité ne sont donnés que pour les tensions interharmoniques à une fréquence voisine de la fréquence fondamentale (50 Hz ou 60 Hz), dont il résulte une modulation de l'amplitude de la tension d'alimentation.

Dans ces conditions, certaines charges sensibles au carré de la tension, en particulier les dispositifs d'éclairage, mettent en évidence un effet de battement provoquant des papillotements (flicker). (Voir note 1 en 5.2.) La fréquence de battement est la différence entre les fréquences des deux tensions présentes simultanément, c'est-à-dire le fondamental et l'interharmonique.

NOTE 1 Pour les interharmoniques en dessous du rang 0,2 les niveaux de compatibilité sont définis par les exigences relatives au flicker, avec $P_{st} = 1$. A cet effet, il convient de calculer la sévérité du flicker conformément à l'annexe A de la CEI 61000-3-7 en utilisant le facteur de forme des fluctuations de tension périodiques ou sinusoïdales. La valeur conservatoire du facteur de forme est 0,8 pour $0,04 < m \leq 0,2$, et 0,4 pour $m \leq 0,04$.

NOTE 2 On peut rencontrer une situation analogue avec une tension interharmonique à fréquence proche d'une fréquence harmonique (en particulier de rang 3 ou 5) correspondant à une tension importante. Il convient d'en apprécier l'effet à partir de la Figure 1, l'amplitude étant fournie par le produit des amplitudes relatives de l'harmonique et de l'interharmonique à l'origine de la fréquence de battement. Il est peu probable que le résultat soit significatif.

Les niveaux de compatibilité correspondant aux tensions interharmoniques sont établis par la Figure 1. Ils sont exprimés par le rapport de l'amplitude de l'interharmonique à celle du fondamental en fonction de la fréquence de battement. Ils sont relatifs au niveau de perceptibilité du flicker, $P_{st} = 1$ pour des lampes fonctionnant sous 120 V ou sous 230 V, et ne sont applicables qu'aux circuits qui comportent des appareils d'éclairage.

In class 2, they are the values given in Tables 2 to 4 multiplied by a factor k , where k is as follows:

$$k = 1,3 + \frac{0,7}{45} \times (h - 5)$$

The corresponding compatibility level for the total harmonic distortion in class 2 is 8 % ($THD = 8\%$) with reference to very short term.

NOTE 1 Commutation notches are included here as regards their contribution to the harmonic content of the voltage. Other aspects (for example, the influence on the commutation of other converters, or any influence on other equipment which involves the higher harmonic components of the spectrum) require a time-domain description (see the relevant product standard).

NOTE 2 Everywhere they are used in industrial networks, power factor correction capacitors should be connected through series reactors, particularly those which are intended to be connected to IPCs of class 3. Where interharmonics may be present, there is a risk of resonance effects, and this should be carefully investigated. Where the absence of resonance effects is clearly proved and the higher harmonics values are far less than those given for class 3, series reactors may not be necessary, but this has to be checked carefully.

NOTE 3 The values specified for total harmonic distortion are not related to specific equipment or devices, but have regard to the possible simultaneous presence of several harmonic components at significant amplitude.

5.7 Interharmonics

Annex C provides information on sources, effects and mitigation methods related to interharmonics. It also provides levels for guidance, until more experience makes publication of compatibility levels possible.

In this standard, compatibility levels are given only for the case of an interharmonic voltage occurring at a frequency close to the fundamental frequency (50 Hz or 60 Hz), resulting in amplitude modulation of the supply voltage.

In these conditions certain loads that are sensitive to the square of the voltage, especially lighting devices, exhibit a beat effect, resulting in flicker. (See note 1 in 5.2.) The beat frequency is the difference between the frequencies of the two coincident voltages – i.e. between the interharmonic and fundamental frequencies.

NOTE 1 Below interharmonic order 0,2 compatibility levels are determined by flicker requirements, with $P_{st} = 1$. For this purpose the flicker severity should be calculated in accordance with Annex A of IEC 61000-3-7 using the shape factor given for periodic and sinusoidal voltage fluctuations. The conservative value of the shape factor is 0,8 for $0,04 < m \leq 0,2$, and 0,4 for $m \leq 0,04$.

NOTE 2 A similar situation is possible when there is an appreciable level of voltage at a harmonic frequency (particularly of order 3 or 5) coincident with an interharmonic voltage at a nearby frequency. The effect should be assessed by means of Figure 1, with amplitude given by the product of the relative amplitudes of the harmonic and interharmonic at the origin of the beat frequency. The result is unlikely to be significant.

The compatibility level for the interharmonic voltage in the above case, expressed as the ratio of its amplitude to that of the fundamental, is shown in Figure 1 as a function of the beat frequency. It is based on a flicker level of $P_{st} = 1$ for lamps operated at 120 V and 230 V and is applicable only to circuits which include lighting devices.

5.8 Composantes de tension aux fréquences supérieures (rangs supérieurs à 50)

La distorsion de l'onde de tension peut être équivalente à la superposition de tension à des fréquences dont certaines excèdent largement le rang harmonique 50. Dans le cas des fréquences les plus élevées, la distinction entre harmonique et interharmonique n'est généralement pas significative. Ces tensions apparaissent à la fois à fréquences discrètes et dans des bandes relativement larges.

L'Article C.3 fournit des niveaux indicatifs, jusqu'à ce qu'une expérimentation plus approfondie permette la publication de niveaux de compatibilité.

5.9 Surtensions transitoires

L'amplitude relative des transitoires est généralement fonction de leur durée, de leur fréquence et du niveau de tension du réseau. Ces phénomènes sont examinés à l'Article B.4.

5.10 Composante continue

Normalement, il n'y a pas de composante continue significative sur la tension des réseaux d'alimentation industriels couverts par cette norme. Il peut cependant en apparaître une, en raison de légers défauts de symétrie pouvant survenir sur des charges contrôlées raccordées directement au réseau sans transformateur spécifique.

Le niveau de courant continu est l'élément critique. La valeur de la composante continue de tension dépend non seulement du courant continu mais aussi d'autres facteurs, notamment des résistances du réseau au point considéré. En conséquence, on ne définit pas de niveau de compatibilité pour la composante continue de la tension.

Une composante continue peut être à la source d'une magnétisation dissymétrique des transformateurs entraînant des échauffements supplémentaires et donnant naissance à des tensions harmoniques. De plus, si de tels courants continus passent par les circuits de terre, ils provoquent une corrosion accrue des parties métalliques enfouies.

6 Niveaux de compatibilité

Les niveaux de compatibilité des tolérances de tension, déséquilibres de tension et variations de fréquence sont donnés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Les niveaux de compatibilité harmonique sont indiqués dans les Tableaux 2 à 4.

Les niveaux de compatibilité du taux de distorsion harmonique total figurent au Tableau 5.

Le niveau de compatibilité interharmonique est représenté par la Figure 1.

5.8 Voltage components at higher frequencies (above 50th harmonic)

Distortion of the voltage wave form can be such as to be equivalent to the superposition of voltages at frequencies, some of which are greatly in excess of that of the 50th harmonic. In the case of such higher frequency voltages it is generally not significant whether they are harmonics or interharmonics. They can occur both at discrete frequencies and in relatively broad bands of frequencies.

Until more experience makes publication of compatibility levels possible, Annex C.3 provides levels for guidance.

5.9 Transient overvoltages

The relative amplitude of transients is generally a function of their duration, of their frequency and of the voltage level of the network. For a discussion of these phenomena, see Clause B.4.

5.10 DC component

The voltage of industrial power supply systems covered by this standard does not normally have a d.c. component at a significant level. That can arise, however, due to slight defects of symmetry of controlled loads which are directly connected without a dedicated transformer.

The critical point is the level of d.c. current. The value of the d.c. voltage depends not only upon d.c. current but also upon other factors, especially the resistance of the network at the point to be considered. Therefore, a compatibility level for the d.c. voltage is not specified.

A d.c. component can cause unsymmetrical magnetization in transformers, leading to overheating and emission of harmonic voltages. Moreover, if flowing through the earth, such a d.c. current leads to increased corrosion of metal fixtures under ground.

6 Compatibility levels

Compatibility levels for voltage tolerance, voltage unbalance and power-frequency variations are given in Table 1 below.

Compatibility levels for harmonics are indicated in Tables 2 to 4.

Compatibility levels for total harmonic distortion are presented in Table 5.

Interharmonic compatibility levels are represented in Figure 1.

Tableau 1 – Niveaux de compatibilité des tolérances de tension, déséquilibres de tension et variations de fréquence

Perturbation	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Tolérances de tension, définies par rapport à la tension nominale U_N : $\Delta U/U_N$	$\pm 8 \%$	$\pm 10 \%$ ^a	+10 % à –15 % ^b
Déséquilibre de tension U_{inv}/U_{dir}	2 %	2 %	3 %
Variations de fréquence ^c Δf	± 1 Hz	± 1 Hz	± 1 Hz
^a Ces valeurs ne sont pas définies dans la CEI 61000-2-2. ^b Voir 5.2. ^c ± 2 Hz dans le cas des réseaux îlotés.			

Tableau 2 – Niveaux de compatibilité harmonique – Composante harmonique de tension Rangs impairs à l'exclusion des multiples de 3

Rang h	Classe 1 U_h %	Classe 2 U_h %	Classe 3 U_h %
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$4,5 \times (17/h) - 0,5$
NOTE Dans certains cas où une partie du réseau industriel est dédiée à des charges non linéaires importantes, les niveaux de compatibilité de la classe 3 pour cette partie du réseau peuvent valoir 1,2 fois les valeurs ci-dessus. Il convient alors de prendre les précautions nécessaires en ce qui concerne l'immunité des équipements qui y sont raccordés. Cependant, au PCC (réseau public), les valeurs des niveaux de compatibilité données dans la CEI 61000-2-2 ou dans la CEI 61000-2-12 prévalent.			

Table 1 – Compatibility levels for voltage tolerance, voltage unbalance and power-frequency variations

Disturbance	Class 1	Class 2	Class 3
Voltage tolerance, relative to nominal voltage U_N : $\Delta U/U_N$	$\pm 8 \%$	$\pm 10 \%$ ^a	+10 % to –15 % ^b
Voltage unbalance $U_{\text{neg}}/U_{\text{pos}}$	2 %	2 %	3 %
Power-frequency deviations ^c Δf	$\pm 1 \text{ Hz}$	$\pm 1 \text{ Hz}$	$\pm 1 \text{ Hz}$
^a Value not defined in IEC 61000-2-2. ^b See 5.2 ^c $\pm 2 \text{ Hz}$ in case of isolated networks.			

**Table 2 – Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components
Odd harmonics non-multiple of three**

Order h	Class 1 U_h %	Class 2 U_h %	Class 3 U_h %
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$4,5 \times (17/h) - 0,5$
NOTE In some cases where part of an industrial network is dedicated to large non-linear loads, the class 3 compatibility levels for that part of the network may be 1,2 times the above values. In such cases precautions should be taken regarding immunity of equipment connected. However, at the PCC (public network) the compatibility levels from IEC 61000-2-2 and IEC 61000-2-12 take precedence.			

Tableau 3 – Niveaux de compatibilité harmonique – Composantes harmoniques de tension Rangs impairs multiples de 3

Rang h	Classe 1 U_h %	Classe 2 U_h %	Classe 3 U_h %
3	3	5	6
9	1,5	1,5	2,5
15	0,3	0,5	2
21	0,2	0,4	1,75
$21 < h \leq 45$	0,2	0,3	1

NOTE 1 Ces niveaux s'appliquent aux harmoniques homopolaires.

NOTE 2 Dans certains cas où une partie du réseau industriel est dédiée à des charges non linéaires importantes, les niveaux de compatibilité de la classe 3 peuvent valoir 1,2 fois les valeurs ci-dessus. Il convient alors de prendre les précautions nécessaires en ce qui concerne l'immunité des équipements qui y sont raccordés. Cependant, au PCC (réseau public), les valeurs des niveaux de compatibilité données dans la CEI 61000-2-2 ou dans la CEI 61000-2-12 prévalent.

Tableau 4 – Niveaux de compatibilité – Composantes harmoniques de tension rangs pairs

Rang h	Classe 1 U_h %	Classe 2 U_h %	Classe 3 U_h %
2	2	2	3
4	1	1	1,5
6	0,5	0,5	1
8	0,5	0,5	1
10	0,5	0,5	1
$10 < h \leq 50$	$0,25 \times (10/h) + 0,25$	$0,25 \times (10/h) + 0,25$	1

NOTE Dans certains cas où une partie du réseau industriel est dédiée à des charges non linéaires importantes, les niveaux de compatibilité de la classe 3 peuvent valoir 1,2 fois les valeurs ci-dessus. Il convient alors de prendre les précautions nécessaires en ce qui concerne l'immunité des équipements qui y sont raccordés. Cependant, au PCC (réseau public), les valeurs des niveaux de compatibilité données dans la CEI 61000-2-2 ou dans la CEI 61000-2-12 prévalent.

Tableau 5 – Niveaux de compatibilité du taux de distorsion harmonique total

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Taux de distorsion harmonique total (THD)	5 %	8 %	10 %

NOTE Dans certains cas où une partie du réseau industriel est dédiée à des charges non linéaires importantes, les niveaux de compatibilité de la classe 3 peuvent valoir 1,2 fois les valeurs ci-dessus. Il convient alors de prendre les précautions nécessaires en ce qui concerne l'immunité des équipements qui y sont raccordés. Cependant, au PCC (réseau public), les valeurs des niveaux de compatibilité données dans la CEI 61000-2-2 ou dans la CEI 61000-2-12 prévalent.

**Table 3 – Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components
Odd harmonics multiple of three**

Order h	Class 1 U_h %	Class 2 U_h %	Class 3 U_h %
3	3	5	6
9	1,5	1,5	2,5
15	0,3	0,4	2
21	0,2	0,3	1,75
$21 < h \leq 45$	0,2	0,2	1

NOTE 1 These levels apply to zero sequence harmonics.

NOTE 2 In some cases where part of an industrial network is dedicated to large non-linear loads, the class 3 compatibility levels for that part of the network may be 1,2 times the above values. In such cases precautions should be taken regarding immunity of equipment connected. However, at the PCC (public network) the compatibility levels from IEC 61000-2-2 and IEC 61000-2-12 take precedence.

Table 4 – Compatibility levels – Harmonic voltage components even order

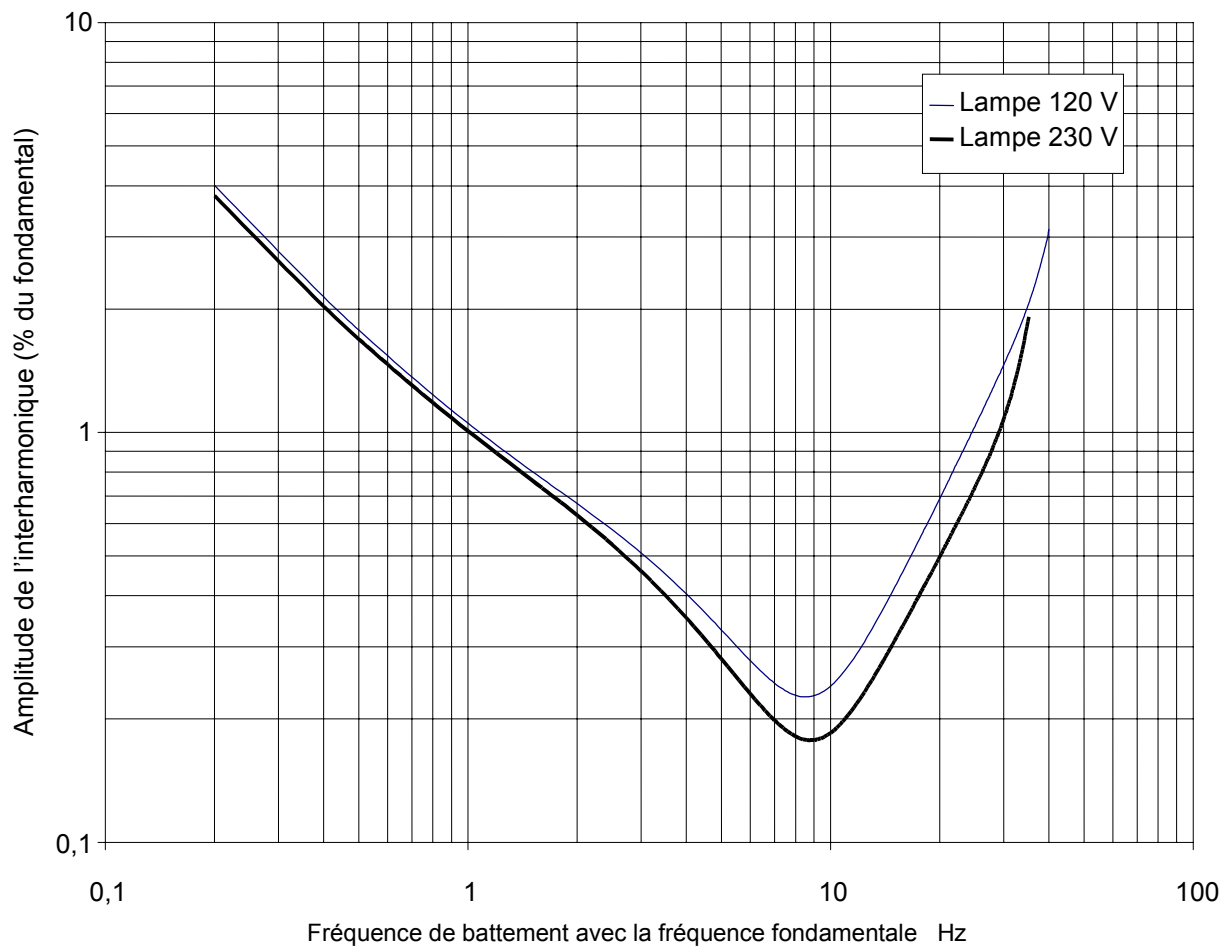
Order h	Class 1 U_h %	Class 2 U_h %	Class 3 U_h %
2	2	2	3
4	1	1	1,5
6	0,5	0,5	1
8	0,5	0,5	1
10	0,5	0,5	1
$10 < h \leq 50$	$0,25 \times (10/h) + 0,25$	$0,25 \times (10/h) + 0,25$	1

NOTE In some cases where part of an industrial network is dedicated to large non-linear loads, the class 3 compatibility levels for that part of the network may be 1,2 times the above values. In such cases precautions should be taken regarding immunity of equipment connected. However, at the PCC (public network) the compatibility levels from IEC 61000-2-2 and IEC 61000-2-12 take precedence.

Table 5 – Compatibility levels for total harmonic distortion

	Class 1	Class 2	Class 3
Total harmonic distortion (THD)	5 %	8 %	10 %

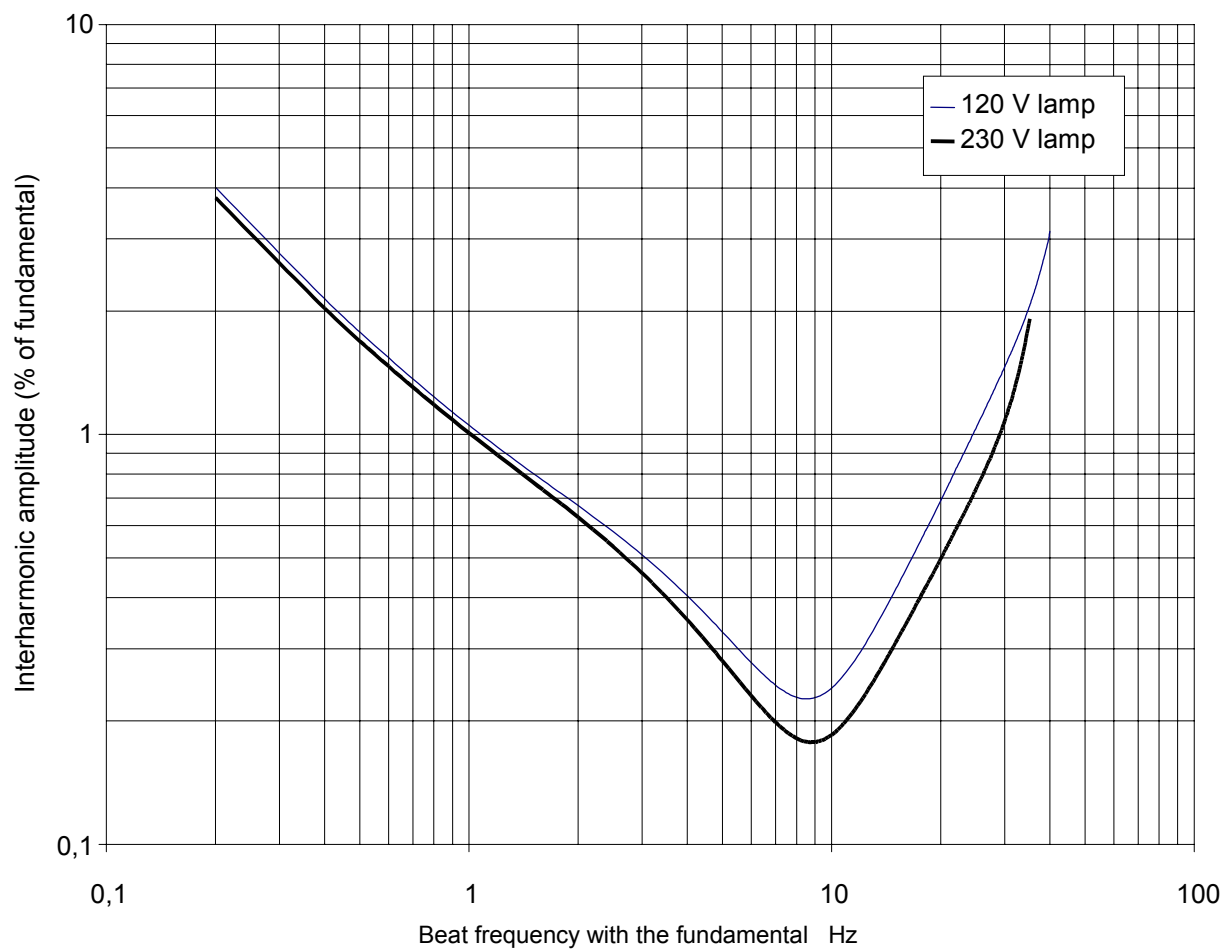
NOTE In some cases where part of an industrial network is dedicated to large non-linear loads, the class 3 compatibility levels for that part of the network may be 1,2 times the above values. In such cases precautions should be taken regarding immunity of equipment connected. However, at the PCC (public network) the compatibility levels from IEC 61000-2-2 and IEC 61000-2-12 take precedence.



IEC 1518/02

Les niveaux de compatibilité pour les interharmoniques proches de la fréquence fondamentale – sur les réseaux à 120 V et à 230 V – correspondant à la perception du flicker sont donnés par la Figure 1 en fonction de la fréquence de battement, ce qui donne un résultat indépendant de la fréquence du réseau.

**Figure 1 – Niveau de compatibilité interharmonique
(Réponse du flickermètre à $P_{st} = 1$, relative aux lampes à incandescence de 60 W)**



IEC 1518/02

Compatibility levels for interharmonics near the fundamental frequency – 230 V and 120 V systems – corresponding to perception of flicker are given by Figure 1 as a function of the beat frequency, which makes the result independent from the system frequency.

Figure 1 – Interharmonic compatibility levels
(Flickermeter response for $P_{st} = 1$ related to 60-W incandescent lamps)

Annexe A (informative)

Explications et exemples relatifs aux interharmoniques

A.1 Résolution de tensions ou courants non sinusoïdaux

La distorsion de la tension d'alimentation comparée à la forme d'onde sinusoïdale est équivalente à la superposition sur la tension idéale d'une ou plusieurs tensions sinusoïdales à des fréquences non voulues. (La même analyse s'applique aussi bien à la tension qu'au courant, on utilise donc le terme *grandeur* dans ce qui suit).

L'analyse en série de Fourier (VEI 101-13-08) permet de résoudre toute fonction non sinusoïdale mais périodique en une somme de composantes sinusoïdales à des fréquences croissantes ainsi qu'une composante continue. La fréquence la plus basse de la série est nommée fréquence fondamentale f_f (VEI 101-14-50). Les autres fréquences de la série sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale et sont nommées fréquences harmoniques. On fait référence à ces composantes de la grandeur périodique respectivement en tant que composante fondamentale et composantes harmoniques.

La transformée de Fourier (VEI 101-13-09) peut être appliquée à toute fonction quelle qu'elle soit, périodique ou non périodique. Le résultat de la transformation est un spectre dans le domaine fréquentiel, qui dans le cas d'une fonction du temps non périodique est une fonction continue sans composante fondamentale. Le cas particulier de l'application à une fonction périodique montre des raies spectrales dans le domaine fréquentiel, où les raies du spectre sont le fondamental et les harmoniques qui correspondent à la série de Fourier.

La transformée de Fourier discrète (DFT) est l'application pratique de la transformée de Fourier. Dans la pratique, le signal est analysé sur une période de temps limité (une *fenêtre* d'observation de durée T_W) qui utilise un nombre fini d'échantillons du signal (M). Le résultat de la DFT dépend du choix des paramètres T_W et M . L'inverse de T_W est la fréquence de base de la DFT (f_b).

En fait, la DFT est appliquée au signal mesuré à l'intérieur de la fenêtre d'observation. Le signal n'est pas analysé en-dehors de la fenêtre d'observation, mais est supposé s'y répéter identique à lui-même. Il en résulte une approximation du signal réel par un signal virtuel qui est rigoureusement périodique et dont la période est la durée de la fenêtre d'observation.

La transformée de Fourier rapide (FFT) est un algorithme particulier, exécutable en un temps de calcul court. Il impose que le nombre d'échantillons (M) soit une puissance entière de 2 ($M=2^l$). (En d'autres termes, cela revient à imposer que la fréquence d'échantillonnage soit exactement un multiple, à une puissance entière de 2, de la fréquence du fondamental). Cependant, les processeurs de signaux modernes ont une telle capacité de traitement que la complexité ajoutée par l'application d'une DFT (tables de fonctions sinus et cosinus) peut être plus économique et plus souple que la contrainte de verrouillage des fréquences imposée par la FFT.

Afin que le résultat de la DFT appliqué à une fonction considérée comme périodique (voir A.2) soit le même que le résultat donné par une analyse en série de Fourier, la fréquence fondamentale f_f sera un multiple entier de la fréquence de base de la DFT (cela impose que la fréquence d'échantillonnage soit rigoureusement un multiple entier de la fréquence de base [$f_s = M \times f_b$]). Le synchronisme de l'échantillonnage est essentiel. Le défaut de synchronisme peut changer la nature du spectre, conduisant à de nouvelles raies ou changeant l'amplitude des raies authentiques.

Annex A (informative)

Explanations and examples for interharmonics

A.1 Resolution of non-sinusoidal voltages and currents

The distortion of the supply voltage from its intended sinusoidal wave shape is equivalent to the superposition on the intended voltage of one or more sinusoidal voltages at unwanted frequencies. (The discussion below is valid for both voltage and current – therefore the word *quantity* is used.)

Fourier series analysis (IEV 101-13-08) enables any non-sinusoidal but periodic quantity to be resolved into truly sinusoidal components at a series of frequencies, and in addition, a d.c. component. The lowest frequency of the series is called the fundamental frequency f_f (IEV 101-14-50). The other frequencies in the series are integer multiples of the fundamental frequency and are called harmonic frequencies. The corresponding components of the periodic quantity are referred to as the fundamental and harmonic components, respectively.

The Fourier transform (IEV 101-13-09) may be applied to any function, periodic or non-periodic. The result of the transform is a spectrum in the frequency domain, which in the case of a non-periodic time function is continuous and has no fundamental component. The particular case of application to a periodic function shows a lines spectrum in the frequency domain, where the lines of the spectrum are the fundamental and harmonics of the corresponding Fourier series.

The Discrete Fourier Transform (DFT) is the practical application of the Fourier Transform. In practice the signal is analysed over a limited period of time (a *window* with duration T_w) using a limited number (M) of samples of the actual signal. The result of the DFT depends on the choice of these parameters, T_w and M . The inverse of T_w is the basic frequency f_b of the DFT.

The DFT is applied to the actual signal inside the window. The signal is not processed outside the window but is assumed to be an identical repetition of the signal inside the window. This results in an approximation of the actual signal by a virtual signal which is truly periodic and whose period is the time window.

The FFT (Fast Fourier Transform) is a special algorithm allowing short computation time. It requires the number of samples (M) to be an integer multiple of 2 ($M = 2^l$). (In other words, it does require the sampling frequency to be a locked integer power of 2 of the fundamental). However, modern digital signal processors have such capability that the extra complexity in a DFT (tables of sine and cosine functions) can be more economic and flexible than the frequency locked FFTs.

In order that the result of the DFT, applied to a function considered as periodic (see A.2), is the same as the result of a Fourier series analysis, the fundamental frequency f_f is made an integer multiple of the basic frequency (this requires the sampling frequency to be an exact integer multiple of the basic frequency [$f_s = M \times f_b$]). The synchronous sampling is essential. Loss of synchronism can change the spectrum result, making extra lines appear and changing amplitudes of true lines.

En conséquence, les techniques de mesure définies dans la deuxième édition de la CEI 61000-4-7², ainsi que la définition de la fréquence fondamentale donnée en 3.2.1, sont cohérentes pour l'application au domaine de l'électrotechnique et de l'électronique de puissance. Les autres cas demandent un examen complémentaire.

Pour illustrer ces propos, on examine la superposition d'un système de télécommande centralisée dont le signal serait sinusoïdal à 175 Hz, sur la tension sinusoïdale à 50 Hz d'un réseau de distribution d'énergie. Il en résulte un signal périodique dont la période est de 40 ms, soit une fréquence de 25 Hz. L'application de l'analyse en série de Fourier à cette tension conduit à une composante fondamentale de 25 Hz, d'amplitude nulle, et deux composantes harmoniques d'amplitude non nulle, l'harmonique de rang 2 (50 Hz) avec une amplitude égale à celle du réseau de distribution et l'harmonique de rang 7 (175 Hz) avec une amplitude égale à celle du système de télécommande centralisée. Les définitions de 3.2 évitent la confusion implicite résultant de cette analyse et fournissent un résultat conforme à la pratique de la DFT (telle que décrite dans la CEI 61000-4-7), établissant le fondamental à 50 Hz et un interharmonique d'ordre 3,5.

NOTE 1 Lorsqu'on analyse la tension d'un système de distribution d'énergie, la composante à la fréquence fondamentale est la composante de plus grande amplitude. Ce n'est pas nécessairement la première raie du spectre obtenue en appliquant une DFT à la fonction temporelle.

NOTE 2 Lorsqu'on analyse un courant, la composante à la fréquence fondamentale n'est pas nécessairement la composante de plus grande amplitude.

A.2 Phénomènes variant avec le temps

Les tensions et courants d'un système typique de distribution d'électricité sont affectés par des commutations incessantes et des variations de charge aussi bien linéaires que non linéaires. Cependant, afin de pouvoir effectuer l'analyse, les tensions et courants sont considérés comme stationnaires à l'intérieur de la fenêtre d'observation (approximativement 200 ms), qui est un multiple entier de la période de la tension du réseau de distribution d'énergie. Les analyseurs d'harmoniques sont définis pour donner le meilleur compromis que la technologie peut offrir (voir la CEI 61000-4-7).

A.3 Définition de termes complémentaires

Les définitions suivantes sont complémentaires à celles données en 3.2 et peuvent être d'un usage commode.

A.3.1

résidu total de distorsion

grandeur obtenue en retranchant d'une grandeur alternative sa composante fondamentale, toutes les grandeurs étant traitées en tant que fonction du temps

NOTE La valeur efficace du résidu total de distorsion est:

$$TDC = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$$

Q_1 est la valeur efficace de la composante fondamentale;

Q est la valeur efficace totale;

Q peut représenter soit un courant soit une tension.

Elle comporte à la fois les composantes harmoniques et interharmoniques.

Voir également les définitions VEl 101-14-54 (CEI 60050-101) et VEl 551-20-11 (CEI 60050-551-20).

² Edition 2, à publier.

Accordingly, the measurement techniques defined in the second edition of IEC 61000-4-7² and the definition of the fundamental frequency in 3.2.1 is consistent for application to all electrotechnical and power electronics items. Other cases need further consideration.

As an illustration, the superposition of a sinusoidal ripple control signal at 175 Hz on a sinusoidal 50 Hz supply voltage may be considered. This results in a periodic voltage having a period of 40 ms and a frequency of 25 Hz. A classical Fourier series analysis of this voltage yields a fundamental component of 25 Hz with zero amplitude and two components with non-zero amplitude, a 2nd harmonic (50 Hz) with amplitude equal to that of the supply voltage and a 7th harmonic (175 Hz) with an amplitude equal to that of the ripple control signal. The definitions in 3.2 avoid the confusion implicit in this approach, and produce a result in line with the common practice of the DFT (as described in IEC 61000-4-7), showing a fundamental at 50 Hz and an interharmonic of order 3,5.

NOTE 1 When analysing the voltage of a power supply system, the component at the fundamental frequency is the component of the highest amplitude. This is not necessarily the first line in the spectrum obtained when applying a DFT to the time function.

NOTE 2 When analysing a current, the component at the fundamental frequency is not necessarily the component of the highest amplitude.

A.2 Time varying phenomena

The voltages and currents of a typical electricity supply system are affected by incessant switching and variation of both linear and non-linear loads. However, for analysis purposes, they are considered as stationary within the measurement window (approximately 200 ms), which is an integer multiple of the period of the power supply voltage. Harmonic analysers are designed to give the best compromise that technology can provide (see IEC 61000-4-7).

A.3 Definition of additional terms

The following definitions are complementary to those given in 3.2 and may be of practical use.

A.3.1

total distortion content

quantity remaining when the fundamental component is subtracted from an alternating quantity, all being treated as functions of time

NOTE The r.m.s. value of the total distortion content is:

$$TDC = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$$

Q_1 is the r.m.s. value of the fundamental component;

Q is the total r.m.s. value;

Q can represent either current or voltage.

It includes both harmonic and interharmonic components.

See also the definitions IEV 101-14-54 (IEC 60050-101) and IEV 551-20-11 (IEC 60050-551-20).

² Second edition, to be published.

A.3.2

rapport total de distorsion

TDR

rapport de la valeur efficace du résidu total de distorsion d'une grandeur alternative à la valeur efficace de la composante fondamentale de cette grandeur.

[VEI 551-20-14 modifiée]

$$TDR = \frac{TDC}{Q_1} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1}$$

où

Q_1 est la valeur efficace de la composante fondamentale;

Q est la valeur efficace totale de la grandeur;

Q peut représenter soit un courant, soit une tension.

A.3.2**total distortion ratio****TDR**

ratio of the r.m.s. value of the total distortion content of an alternating quantity to the r.m.s. value of the fundamental component of the quantity

[IEV 551-20-14, modified]

$$TDR = \frac{TDC}{Q_1} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1}$$

where

Q_1 is the r.m.s. value of the fundamental component;

Q is the total r.m.s. value;

Q can represent either current or voltage.

Annexe B (informative)

Exemples de niveaux de perturbations prévisibles dans des réseaux industriels typiques

Cette annexe rapporte les résultats du calcul des niveaux de perturbations aux IPC de quelques réseaux industriels typiques. Les cas étudiés sont les suivants:

- les laminoirs (Tableau B.1; Figure B.1);
- l'industrie du papier (Tableau B.1; Figure B.2);
- l'industrie de fabrication (Tableau B.2; Figure B.3).

B.1 Niveaux de perturbation de tension dus à des convertisseurs de grande puissance

On peut voir que quelques IPC, notamment ceux qui alimentent des convertisseurs de grande puissance, peuvent avoir des niveaux de perturbations considérablement plus élevés que ceux spécifiés pour les réseaux publics.

Ce sont particulièrement les niveaux d'harmoniques de rangs les plus élevés (le 11^{ème} est donné comme exemple), le facteur de distorsion harmonique totale (THD) et les variations de tension qui excèdent les niveaux correspondants des réseaux publics.

Les résultats indiqués ne sont pas les niveaux de perturbation totale, les perturbations présentes dans l'alimentation du réseau public n'étant pas prises en compte.

Tableau B.1 – Types de réseaux

	Laminoirs			Industrie du papier		
	IPC 1	IPC 2	PCC	IPC 1	IPC 2	PCC
Tensions harmoniques						
Valeurs moyennes						
U_5 (%)	3 à 6,5	2 à 3,9	1 à 2,2	1 à 1,7	1 à 2,3	0,5 à 1,1
U_{11} (%)	3 à 6,8	1,5 à 2,9	1 à 2	0,5 à 1,1	0,7 à 1,4	0,4 à 0,7
THD (%)	7 à 14,3	3,5 à 7,3	2 à 4,7	1,5 à 2,9	2 à 4	1 à 1,9
Tensions harmoniques						
Valeurs de crêtes						
U_5 (%)	6 à 11,4	2,5 à 5,1	2 à 3,5	1 à 1,9	1,5 à 2,7	0,6 à 1,3
U_{11} (%)	6 à 11,5	2 à 4,2	2 à 3,3	0,5 à 1,2	0,8 à 1,6	0,4 à 0,8
THD (%)	12 à 24,7	5 à 9,9	4 à 7,3	1,5 à 3,3	2 à 4,6	1 à 2,3
Variations de tension ΔU (%)	2 à 4,7	0,5 à 1,2	0,5 à 1,2	<0,1	<0,3	<0,1
Intervalle de temps entre deux variations de tension ΔT (s)	5 à 100	5 à 100	5 à 100	>600	>600	>600

Annex B (informative)

Examples of expected disturbance levels in typical industrial networks

This annex gives the results of the calculation of the disturbance levels at the IPCs in some typical industrial networks. The cases studied are as follows:

- rolling mills (Table B.1; Figure B.1);
- paper industry (Table B.1; Figure B.2);
- manufacturing industry (Table B.2; Figure B.3).

B.1 Voltage disturbance levels in industrial networks due to large converters

It can be seen that some IPCs, namely those feeding large converters, can have disturbance levels considerably higher than those specified for public networks.

It is especially the levels of higher order harmonics (the 11th order is given as example), the total harmonic distortion coefficient (THD) or the voltage changes that exceed the corresponding levels for public networks.

The reported results are not total disturbance levels since the contribution caused by disturbances present in the public supply is not considered.

Table B.1 – Type of network

	Rolling mills			Paper industry		
	IPC 1	IPC 2	PCC	IPC 1	IPC 2	PCC
Harmonic voltages						
Average values						
U_5 (%)	3 to 6,5	2 to 3,9	1 to 2,2	1 to 1,7	1 to 2,3	0,5 to 1,1
U_{11} (%)	3 to 6,8	1,5 to 2,9	1 to 2	0,5 to 1,1	0,7 to 1,4	0,4 to 0,7
THD (%)	7 to 14,3	3,5 to 7,3	2 to 4,7	1,5 to 2,9	2 to 4	1 to 1,9
Harmonic voltages						
Peak values						
U_5 (%)	6 to 11,4	2,5 to 5,1	2 to 3,5	1 to 1,9	1,5 to 2,7	0,6 to 1,3
U_{11} (%)	6 to 11,5	2 to 4,2	2 to 3,3	0,5 to 1,2	0,8 to 1,6	0,4 to 0,8
THD (%)	12 to 24,7	5 to 9,9	4 to 7,3	1,5 to 3,3	2 to 4,6	1 to 2,3
Voltage changes ΔU (%)	2 to 4,7	0,5 to 1,2	0,5 to 1,2	<0,1	<0,3	<0,1
Time interval between two voltage changes ΔT (s)	5 to 100	5 to 100	5 to 100	>600	>600	>600

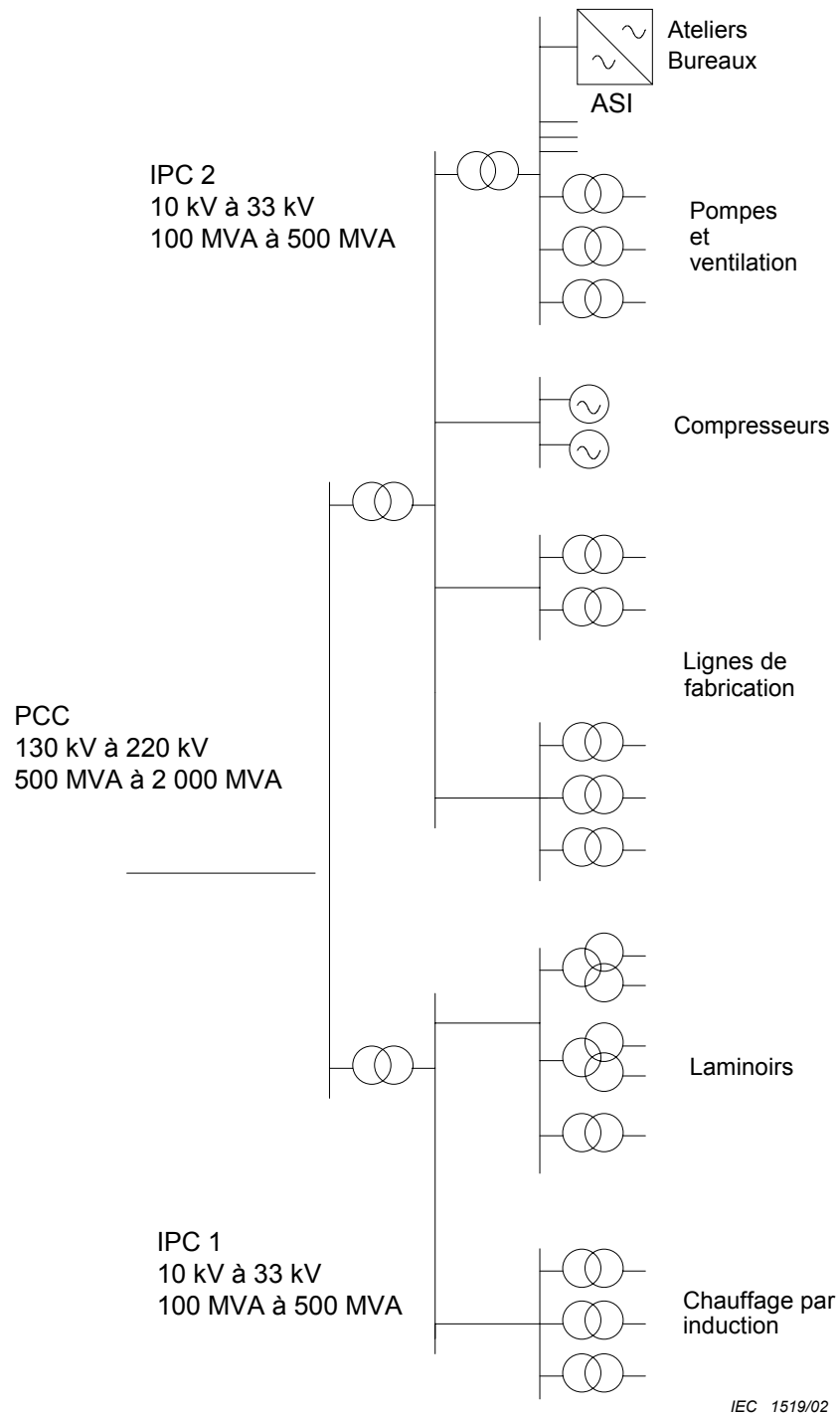


Figure B.1 – Exemple de distribution de puissance dans une industrie comprenant des laminoirs

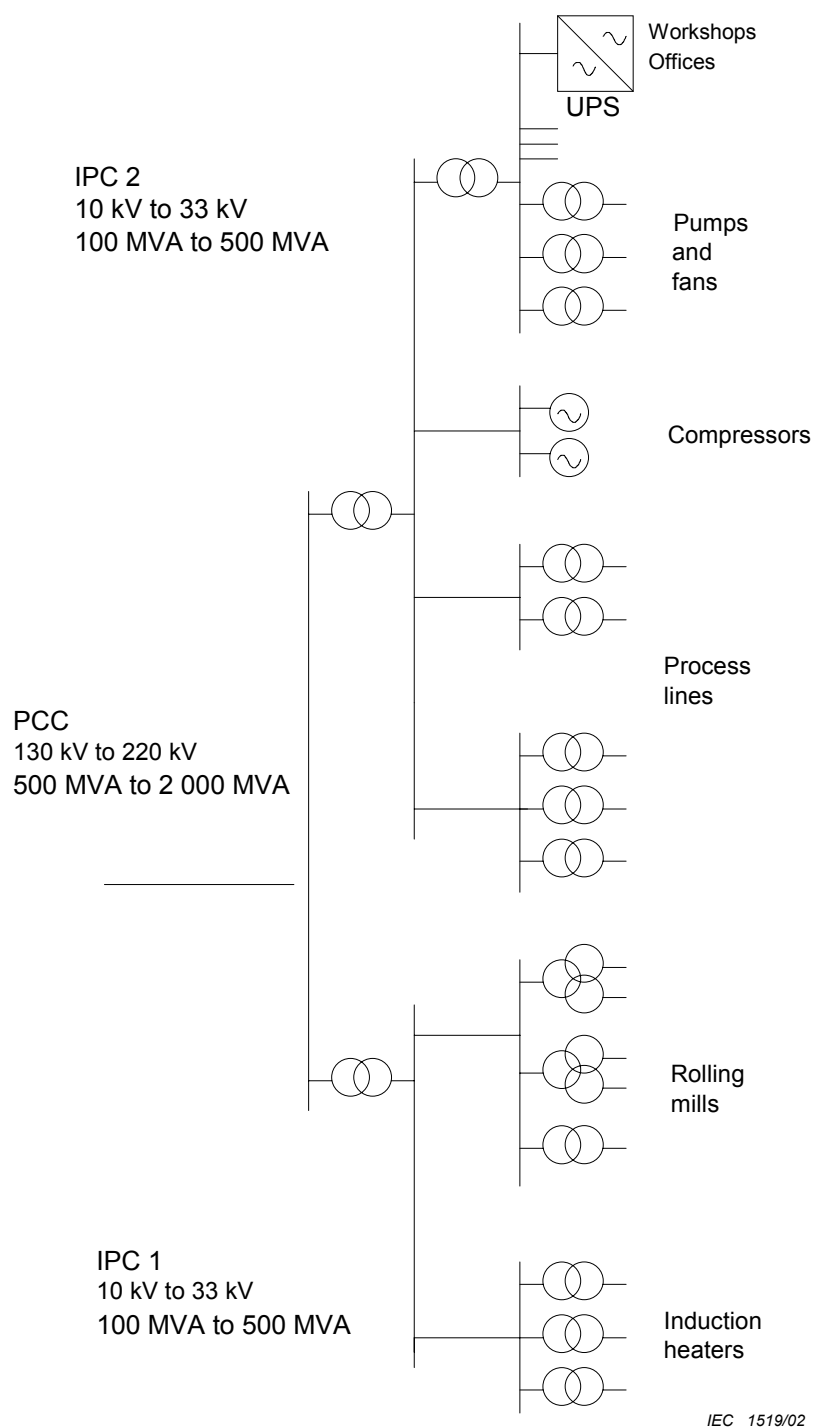


Figure B.1 – Example of power distribution in industry with rolling mills

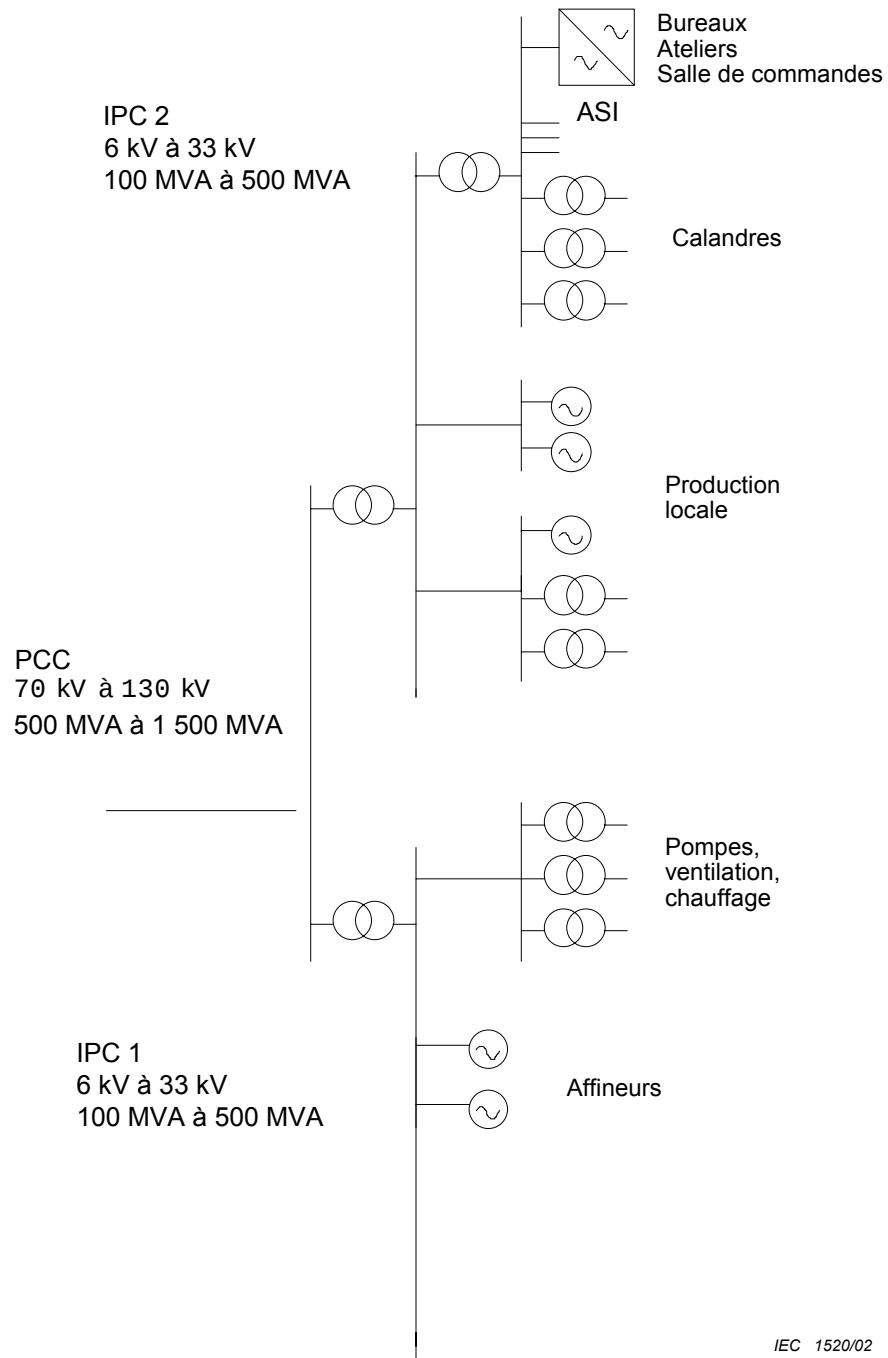
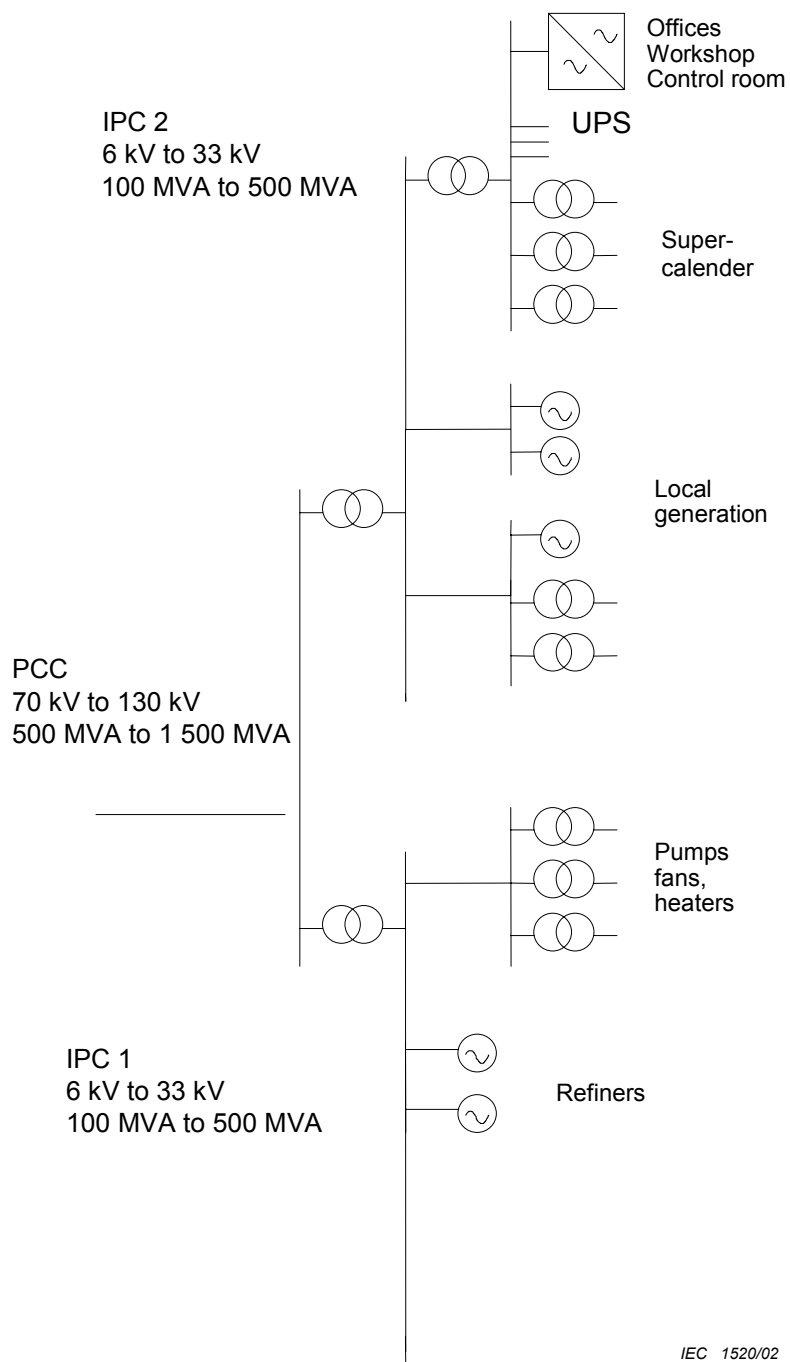


Figure B.2 – Exemple de distribution de puissance dans l'industrie papetière



IEC 1520/02

Figure B.2 – Example of power distribution in the paper industry

B.2 Niveaux de perturbation de la tension dans les réseaux industriels fortement chargés

La gamme des valeurs données dépend de la gamme supposée de variation des paramètres du système et des facteurs de coïncidence.

Aucun condensateur de puissance n'est présent et, par conséquent, l'amplification possible des tensions harmoniques n'est pas prise en compte.

Tableau B.2 – Niveaux de perturbation de la tension dans une industrie de fabrication type

	Impédance	Puissance de court-circuit (S_{CP})	Charge totale	Charge convertisseur	THD	Modification de tension
	1/MVA ^a	MVA	MVA	MVA	%	%
Ligne 130 kV	1/2 000	2 000				
Transformateur TA	1/320	275,8				
Câble MT	1/6 000					
IPC		266,6	2,3	1,25	1,08	0,6
Transformateur T1	1/8,9					
Ligne BT1		8,6	0,3	0,05	1,34	2,4
Transformateur T5	1/1,25					
Convertisseur C1		1,09		0,05	10,6	
Transformateur T3	1/12					
Ligne BT2		11,5	0,6	0,3	5,0	3,0
Moteurs 350 kVA		2,275	0,3			
Réactance 60 μ H	1/8,5					
Convertisseur C2		5,25		0,3	13,2	
Transformateur T4	1/22,2					
Ligne BT3		20,5	0,9	0,9	10,1	3,1
Câble 400 V	1/582					
Convertisseurs C3 ... C10		20		0,9	10,4	

^a Les impédances sont exprimées en unité relative («pour un» ou «p.u.») sur une base de 1 MVA.

B.2 Voltage disturbance levels in industrial networks at high load

The range of the given values depends on the assumed range of variation of the system parameters and of the coincidence factors.

No power capacitor is present and therefore the possible magnification of the harmonic voltages is neglected.

Table B.2 – Voltage disturbance levels in a typical manufacturing industry

	Impedance 1/MVA ^a	Short-circuit fault level (S_{sc}) MVA	Total load MVA	Converter load MVA	THD %	Voltage changes %
130 kV line	1/2 000	2 000				
Transformer TA	1/320	275,8				
MT cable	1/6 000					
IPC		266,6	2,3	1,25	1,08	0,6
Transformer T1	1/8,9					
LV1 line		8,6	0,3	0,05	1,34	2,4
Transformer T5	1/1,25					
Converter C1		1,09		0,05	10,6	
Transformer T3	1/12					
LV2 line		11,5	0,6	0,3	5,0	3,0
350 kVA motors		2,275	0,3			
60 μ H reactor	1/8,5					
Converter C2		5,25		0,3	13,2	
Transformer T4	1/22,2					
LV3 line		20,5	0,9	0,9	10,1	3,1
400 V cable	1/582					
Converters C3 C10		20		0,9	10,4	
^a The impedances are in p.u. on a 1 MVA basis.						

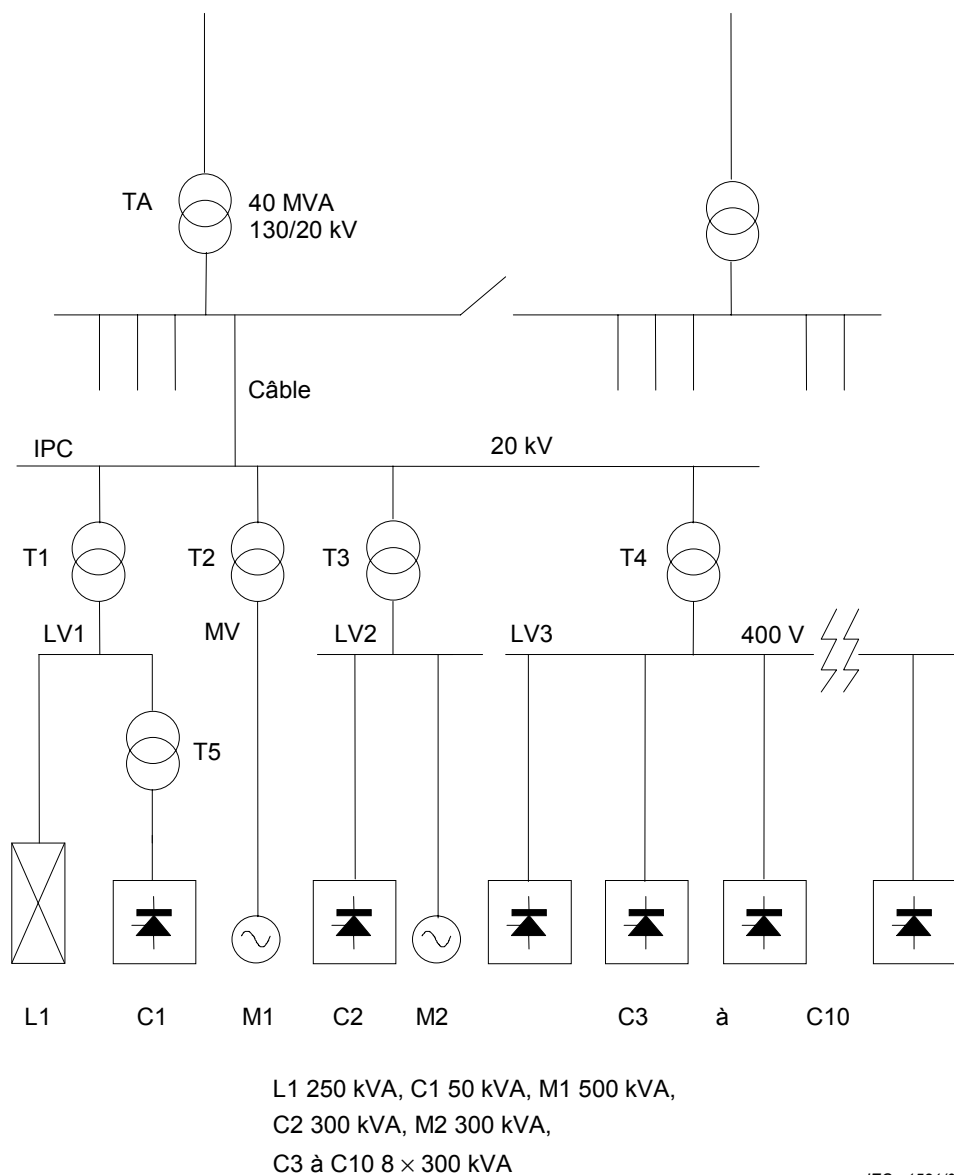
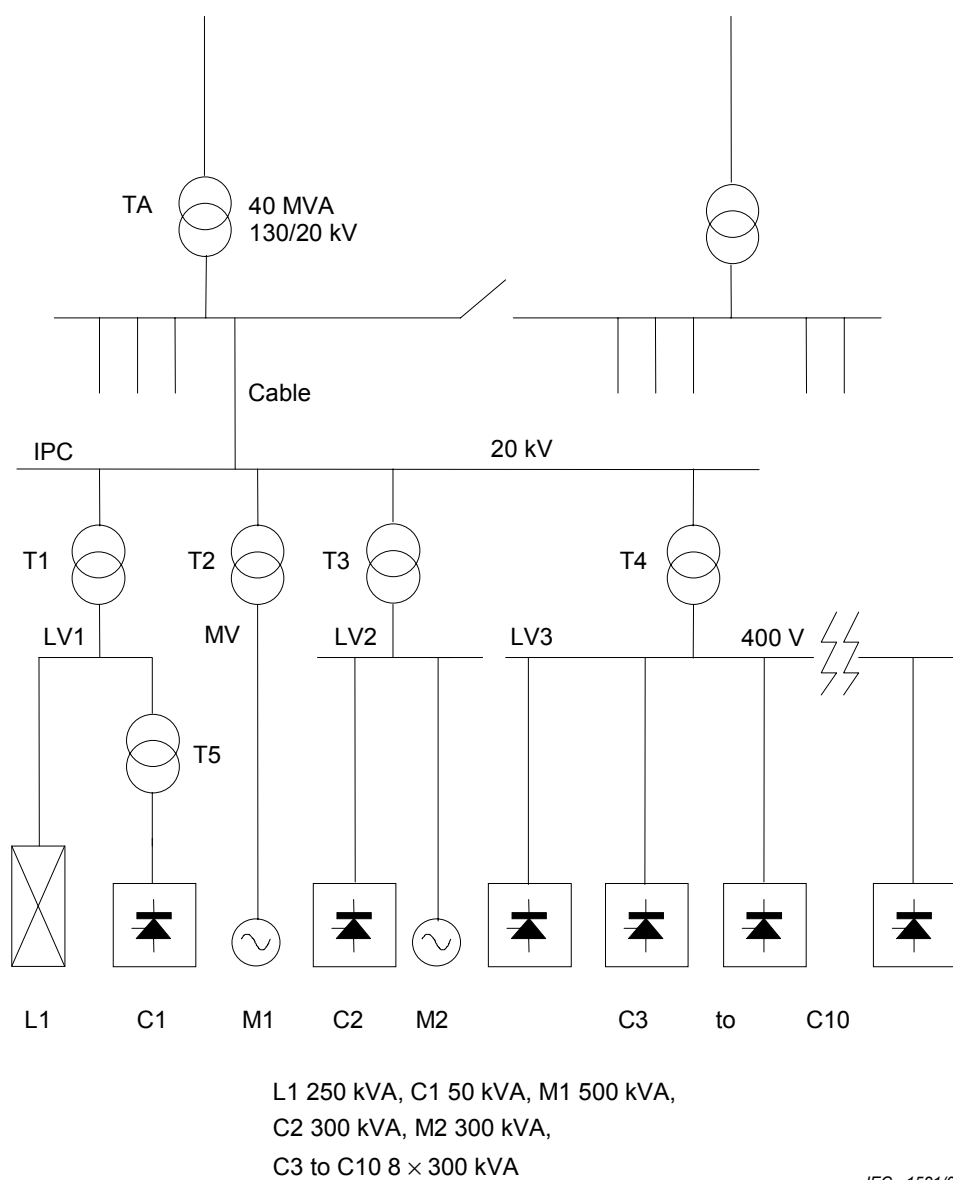


Figure B.3 – Exemple de distribution de puissance dans une industrie de fabrication type



**Figure B.3 – Example of power distribution
in a generic manufacturing industry**

B.3 Creux de tension et coupures brèves

B.3.1 Description

Les creux de tension et coupures brèves au PCC exercent une influence prépondérante sur ces phénomènes à l'intérieur de l'installation. On ne peut les prédire, ce sont des événements fortement aléatoires dont l'origine est principalement liée aux défauts sur le réseau de distribution d'énergie ou à l'intérieur des grandes installations. Ils sont très bien décrits en termes statistiques. Voir la CEI 61000-2-8.

Le niveau de perturbation croissant à la fois avec l'amplitude du creux et avec sa durée, un creux de tension est une perturbation à deux dimensions.

La profondeur d'un creux de tension dépend de la proximité du point d'observation et du point de court-circuit. En ce point origine la tension s'effondre environ à zéro, la profondeur atteignant ainsi 100 %. La profondeur est naturellement moins sévère pour d'autres origines, telles que les fluctuations dues à une charge de forte valeur.

Un creux de tension peut avoir une durée inférieure à 0,1 s si le défaut survient dans le réseau de transmission et s'il est éliminé par un dispositif de protection très rapide, ou bien s'il s'agit d'un défaut fugitif. Si le défaut affecte un niveau inférieur du réseau, et est éliminé par certains dispositifs de protection, il peut durer jusqu'à quelques secondes. La plupart des creux de tension ont une durée comprise entre une demi période et 1 000 ms.

Le nombre de creux de tension ne devient significatif que si l'immunité d'un appareil donné est insuffisante eu égard au couple profondeur-durée susceptible d'apparaître. Ce nombre devient un paramètre important pour choisir le niveau d'immunité approprié d'un procédé donné. Pour une ligne particulière, ce nombre comprend non seulement les creux provenant des défauts sur les autres lignes du même réseau, mais aussi ceux provenant de la partie amont du réseau. (Voir aussi la CEI 61000-2-8).

En zones rurales, alimentées par des lignes aériennes, le nombre annuel de creux de tension peut atteindre plusieurs centaines par an, particulièrement en fonction du nombre d'orages et d'autres conditions météorologiques propres à la zone considérée.

Sur les réseaux câblés, les informations les plus récentes montrent qu'un utilisateur particulier, dont l'installation est raccordée en basse tension, peut observer des creux de tension survenant à une cadence allant de dix à cent par an, en fonction des conditions locales. La durée de ces creux de tension va usuellement de une demi période à 3 s.

Les coupures brèves durent jusqu'à 180 s, en fonction du type de ré-alimentation ou du dispositif de transfert utilisé dans les réseaux aériens. Dans certains cas spéciaux, il peut être possible de réduire ce temps. Fréquemment les coupures brèves sont précédées de creux de tension. La distinction entre coupure brève et creux de tension peut parfois être délicate. Par convention, une tension résiduelle inférieure à un seuil donné (par exemple 10 %) peut être un critère de distinction. Cependant, dans un système triphasé, ce critère doit être rempli simultanément pour chacune des phases pour dire qu'il y a coupure brève.

B.3.2 Adaptation

La coordination des niveaux d'immunité est l'exigence principale relative aux niveaux de compatibilité. Il convient d'exprimer ces derniers avec les deux dimensions pour refléter le niveau de perturbation. Les données disponibles à ce jour ne le permettent pas.

B.3 Voltages dips and short interruption

B.3.1 Description

Voltage dips and short interruptions at the PCC have the main influence on these phenomena inside the installation. They are unpredictable, largely random events arising mainly from electrical faults on the power supply system or large installations. They are best described in statistical terms. See IEC 61000-2-8.

A voltage dip is a two-dimensional disturbance phenomenon, since the level of the disturbance increases with both the depth and duration of the dip.

The depth of the voltage dip depends on the proximity of the observation point to the point on the network at which the short circuit occurs. At that point the voltage collapses to near zero, so that the depth of the dip approaches 100 %. In the case of other causative events, such as a large load fluctuation, the depth is likely to be less.

A voltage dip may last less than 0,1 s if the incident occurs in the transmission system and is eliminated by very fast systems of protection or if a self-clearing fault is involved. If the fault affects a lower level of the network and is cleared by certain protection systems used on those networks, it may last up to a few seconds. Most voltage dips last between half a period and 1 000 ms.

The number of voltage dips is significant only when the immunity of a given device is insufficient for the depth-duration occurring. This number becomes an important data for choosing the appropriate level of immunity of a given process. The number for a particular line includes voltage dips produced by faults on other lines in the same network and voltage dips coming from upstream networks. (See also IEC 61000-2-8.)

In rural areas supplied by overhead lines, the number of voltage dips can reach several hundreds per year, depending in particular on the number of lightning strokes and other meteorological conditions in the area.

On cable networks, the latest information indicates that an individual user of electricity connected at low voltage may be subjected to voltage dips occurring at a rate which extends from around ten per year to about a hundred per year, depending on local conditions. The duration of these voltage dips is usually between half a cycle and 3 s.

Short supply interruptions last up to 180 s according to the type of reclosing or transfer system used in overhead networks. It may be possible to reduce time in special cases. Frequently short supply interruptions are preceded by voltage dips. Distinction between a dip and a short interruption may be difficult. By convention, a retained voltage below a certain level (10 % for example) may be the criterion to make this distinction. However, in a three-phase system this condition is to be applied to each phase, simultaneously, to be considered as a short supply interruption.

B.3.2 Adaptation

The main requirement for compatibility levels is to enable immunity levels to be coordinated. However, the compatibility level would have to be expressed in a two-dimensional manner, to reflect the level of the disturbance. Sufficient data are not yet available to enable this to be done.

L'immunité d'un équipement électrique à ces phénomènes n'est pas le terme strictement approprié, tant il est vrai qu'un appareil électrique ne peut pas continuer à fonctionner normalement en l'absence de son alimentation en énergie, en particulier pour les coupures brèves et les creux les plus sévères. L'immunité à ces perturbations est donc soit une question de restauration rapide de l'énergie à partir d'une autre source d'énergie, soit une question d'adaptation de l'équipement et du procédé associé pour gérer la brève interruption de puissance ou sa diminution. Il s'agit d'une question complexe qui concerne à la fois les aspects techniques et économiques et qui déborde largement du cadre de cette norme (voir la Bibliographie).

On peut établir les données décrivant les creux de tensions et les coupures brèves sur les IPC de classe 3 en examinant soigneusement les aspects suivants:

- on peut adopter les données correspondant au PCC. Mais il convient de retenir que celles-ci peuvent être considérablement différentes selon qu'il s'agit par exemple d'un réseau en haute tension ou en moyenne tension, que celui-ci est constitué de lignes aériennes ou de câbles, qu'il est à circuit simple ou double, ainsi qu'en fonction de sa situation, exposée ou non aux coups de foudre par exemple;
- la présence d'un générateur à l'intérieur de l'installation peut réduire la sévérité des creux de tension et des coupures brèves;
- il convient d'examiner la contribution aux creux de tension et coupures brèves de l'installation et des matériels qu'elle comporte; par exemple, à la suite d'un défaut majeur, on peut observer des creux de forte amplitude au redémarrage simultané de plusieurs moteurs à induction de l'usine;
- les coupures brèves sur des IPC de classe 3 font référence à des installations n'ayant qu'une seule source d'alimentation.

Les résultats de la CEI 61000-2-8 constituent une base adoptable.

B.4 Surtensions transitoires

Plusieurs phénomènes, qui comprennent les manœuvres d'interrupteurs, les fonctionnements de fusibles et les coups de foudre à proximité des réseaux d'alimentation d'énergie, donnent naissance à des surtensions transitoires dans les réseaux de distribution d'énergie à basse tension et dans les installations qui leur sont raccordées. Les surtensions qui peuvent être oscillatoires ou non oscillatoires sont usuellement fortement amorties et comportent des temps de montée allant de moins d'1 μ s à quelques millisecondes.

L'amplitude, la durée et l'énergie des surtensions transitoires varient en fonction de leur origine. Généralement celles qui sont d'origine atmosphérique ont la plus grande amplitude, et celles qui sont dues aux commutations de manœuvres sont de durée plus longue et de plus forte énergie. Les équipements particulièrement sensibles doivent être protégés au moyen de dispositifs anti-surtension, que l'on choisira en règle générale de manière telle qu'ils puissent supporter la plus grande énergie correspondant aux surtensions de manœuvres.

La commutation de batteries de condensateurs est une cause habituelle de surtensions transitoires. La valeur typique de la tension transitoire est inférieure à deux fois la valeur nominale. Cependant des réflexions de propagation le long des lignes peuvent apparaître, amplifiant la tension incidente sur les équipements raccordés.

La Figure B.4 montre un exemple d'enveloppe de tolérance relative aux équipements de traitement de l'information applicable en monophasé 120 V. D'autres types d'équipement peuvent présenter des caractéristiques de tolérance différentes.

Especially in the case of short interruptions, but also for the more severe voltage dips, immunity of electrical equipment is not, in the strict sense, an appropriate concept, since no electrical device can continue to operate as intended in the absence of its energy supply. Immunity from these disturbances is therefore a matter of either the fast restoration of energy from an alternative source or arranging for the equipment and its associated process to adapt in an intended manner to the brief interruption or diminution of power. This is a complex matter, having both technical and economic aspects, and is beyond the scope of this standard (see Bibliography).

Values describing voltage dips and short interruptions for class 3 IPCs may be established with due consideration of the following:

- the disturbance level values at the PCCs of the plant may be adopted, but it should be remembered that these values can vary considerably with the type of supply system, high voltage or medium voltage via overhead lines or cables, single circuit or double circuits for example, and with the location of the site, exposed and prone to lightning for example;
- the presence of in-plant generation can reduce the severity of voltage dips and short-time interruptions;
- the contribution of the industrial plant to the voltage dips or short-time interruptions should be considered; for instance, as a consequence of severe faults, large voltage depressions can be caused by the simultaneous restarting of several induction motors in the plant;
- the short interruption values for class 3 IPCs refer to plants fed by one supply line only.

As a basis, the results of IEC 61000-2-8 may be adopted.

B.4 Transient overvoltages

Several phenomena, including the operation of switches and fuses and the occurrence of lightning strokes in proximity to the supply networks, give rise to transient overvoltages in low-voltage power supply systems and in the installations connected to them. The overvoltages may be either oscillatory or non-oscillatory, are usually highly damped, and have rise times ranging from less than 1 μ s to a few milliseconds.

The magnitude, duration, and energy-content of transient overvoltages vary with their origin. Generally, those of atmospheric origin have the higher amplitude, and those due to switching are longer in duration and contain the greater energy. Critical equipment needs to be protected by surge protective devices, and these should generally be selected to cater for the greater energy content of the switching overvoltages.

Switching of capacitor banks is a common cause of transient overvoltages. Typically, their value at the point of incidence is less than twice the nominal voltage. However, wave reflections and voltage magnification can occur as the transient is propagated along a line, amplifying the overvoltage incident on connected equipment.

Figure B.4 shows an example of tolerance envelope for IT equipment which is applicable for single phase 120 V. Other types of equipment may present different tolerance characteristics.

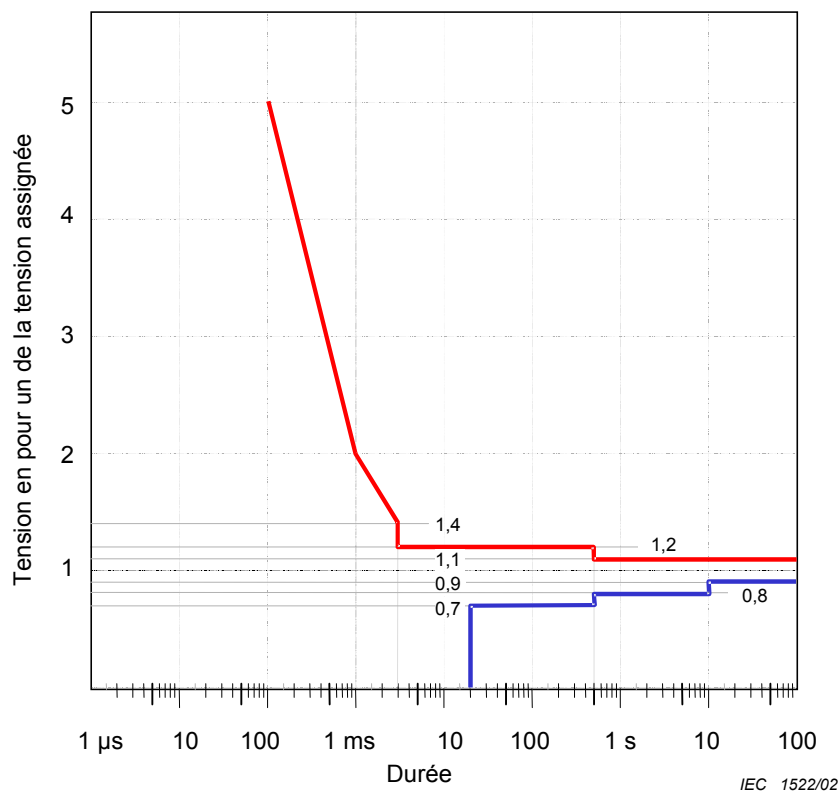


Figure B.4 – Enveloppe de tolérance des ATI – selon ITI (CEBEMA)

Des transitoires d'origine atmosphérique ont été enregistrés avec des amplitudes jusqu'à 6 kV sur des réseaux basse tension. Il est souhaitable de prendre en compte cette valeur pour définir la coordination de l'isolement.

Considérant que l'atténuation entre le PCC et l'entrée de l'installation d'un point de vue pratique, n'est pas suffisamment connue, et considérant que l'immunité à 100 % est une fiction coûteuse (voire impossible), il convient de définir le niveau de compatibilité pour les besoins de la compatibilité électromagnétique à une valeur nettement inférieure.

Les surtensions transitoires d'origine externe (en provenance du réseau public de distribution d'énergie) peuvent être atténuées en fonction de l'endroit où est situé l'IPC dans l'installation.

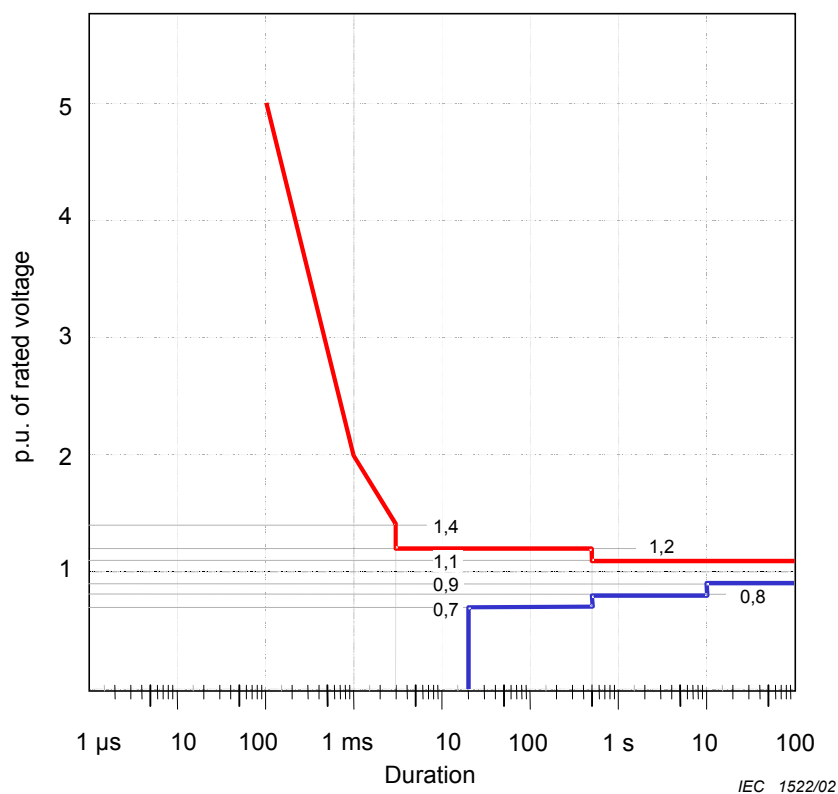


Figure B.4 – ITI (CEBEMA) – Curve of tolerance envelope of ITE

Transients of atmospheric origin have been recorded at magnitudes up to 6 kV on LV networks. This value should be considered for coordination of isolation.

Taking into account that attenuation between the PCC and the practical input of the installation is not sufficiently known and that a 100 % immunity is a very costly fiction (if not impossible), the compatibility level for EMC purposes should be set much lower.

The transient overvoltages of external origin (coming from the public power supply system) may be attenuated according to the location of the IPC within the installation.

Annexe C (informative)

Niveaux interharmoniques et tensions aux fréquences plus élevées

C.1 Source d'interharmoniques

C.1.1 Identification

On peut trouver des sources d'interharmoniques sur les réseaux basse tension aussi bien que sur les réseaux moyenne ou haute tension. Ceux produits par des équipements en basse tension (machines à souder, convertisseurs de puissance, moteurs à induction) influencent principalement les dispositifs situés dans leur voisinage; tandis que ceux produits en moyenne et haute tension (fours à arc, convertisseurs de puissance, moteurs à induction) se propagent vers les réseaux à basse tension qui en sont issus.

Un bruit blanc de faible niveau, présentant un spectre de fréquence continu régulier, se superpose encore à la basse tension, même en l'absence de source locale d'interharmoniques. Sur un réseau 230 V, le niveau de bruit typique semble se situer dans une gamme de 40 mV à 50 mV pour une mesure avec un filtre de largeur 10 Hz, et de 20 mV à 25 mV avec un filtre de largeur 3 Hz.

On peut distinguer quatre origines majeures d'interharmoniques:

- les fours à arc, les machines de soudage à l'arc et le chauffage à plasma, connus depuis de nombreuses années comme la source de puissance principale d'interharmoniques ou sous-harmoniques, dont l'origine est dans le procédé lui-même, ou dans le contrôle de position des électrodes qui, ni l'un ni l'autre n'ont de relation de synchronisme avec la fréquence du réseau d'alimentation;
- les convertisseurs statiques avec partie active connectée au réseau peuvent fonctionner à une fréquence de commutation qui généralement est une fréquence interharmonique; les commutations produisent des tensions ou des courants interharmoniques;
- l'imperfection du découplage entre des circuits pour lesquels les fréquences fondamentales sont différentes; c'est le cas des convertisseurs statiques de fréquence;
- la production intentionnelle de tension interharmonique utilisée pour transmettre un signal.

C.1.2 Différents types de sources d'interharmoniques

C.1.2.1 Sources aléatoires

Les machines à souder à arc génèrent un bruit large bande continu, associé à un procédé intermittent dont la durée des opérations de soudage varie de 1 s à plusieurs secondes. Elles sont majoritairement raccordées en basse tension, de préférence sur un réseau de faible impédance, de façon à éviter le flicker.

Les fours à arc produisent un spectre continu, mais dont les interharmoniques varient aléatoirement en raison de l'irrégularité du courant d'entrée. Leur puissance élevée (50 MW à 120 MW) les fait toujours raccorder en moyenne ou haute tension. La phase de démarrage de la fusion est celle où les émissions sont les plus fortes.

Annex C (informative)

Interharmonic and voltages at higher frequencies

C.1 Sources of interharmonics

C.1.1 Identification

Sources of interharmonics can be found in low-voltage networks as well as in medium-voltage and high-voltage networks. The interharmonics produced by low-voltage sources (welding machines, power converters, induction motors) mainly influence devices in their vicinity; the interharmonics produced in the medium-voltage and/or the high-voltage networks (arc furnaces, power converters, induction motors) flow in the low-voltage networks they supply.

There is also low-level background Gaussian noise, with a continuous regular frequency spectrum, superimposed on the low-voltage curve even in the absence of a local source of interharmonics. Typical voltage levels, on a low-voltage network 230 V, seem to be in the range of 40 mV to 50 mV, when measured with a filter bandwidth of 10 Hz, and 20 mV to 25 mV when measured with a filter bandwidth of 3 Hz.

Four main origins of interharmonics can be distinguished:

- electrical arc-furnaces, arc welding machines or plasma heaters, which have been known for many years as the major power source of interharmonics or sub-harmonics the origin of which is in the process itself, and/or in the position control of the electrodes for which the phenomenon is without any synchronism with the power frequency;
- power converters with active front end may be operated at switching frequencies which generally are interharmonic frequencies; the effect of switching produces interharmonic voltages or currents;
- spurious coupling between circuits where the fundamental frequencies are different; this is the case of electronic frequency converters;
- intentional production of voltages at such interharmonic frequencies for the purpose of signal transmission.

C.1.2 Different types of sources of interharmonics

C.1.2.1 Random sources

Arc welding machines generate a continuous wide band frequency spectrum, associated to an intermittent process with the duration of the individual welding actions varying between 1 s and several seconds. They are mostly connected to the low-voltage network, preferably of low impedance in order to avoid disturbing flicker effects.

Arc furnaces produce continuous but randomly varying interharmonic frequency spectra due to the irregular input current. Their high rating (50 MW to 120 MW) make them always connected to the medium-voltage or high-voltage network. The highest emission level occurs during the starting-phase of a melting process.

C.1.2.2 Sous-harmoniques ou interharmoniques produits par la charge d'un convertisseur

Les convertisseurs statiques de fréquence ont des comportements différents en fonction de leur structure. Les convertisseurs directs, tels que les cycloconvertisseurs, sont constitués d'un ensemble de semi-conducteurs et de leurs circuits auxiliaires qui, au moyen de commutations cycliques, transforment la tension d'entrée à la fréquence fondamentale du réseau d'alimentation d'énergie en une tension de sortie à une fréquence fondamentale qui est définie par le dispositif de contrôle de façon à alimenter correctement la charge. (La charge peut être un moteur à vitesse variable ou un réseau particulier à fréquence fixe, par exemple 25 Hz ou 16 Hz 2/3). Ces cycloconvertisseurs sont dépourvus de fonction de découplage entre les deux fréquences fondamentales. En conséquence, des courants à des fréquences multiples de la fréquence de la charge circulent directement sur les phases côté réseau du convertisseur. Ce courant a la forme du courant à la fréquence du réseau d'alimentation (avec ses harmoniques réguliers), et une amplitude modulée en fonction de la fréquence de la charge.

NOTE Par exemple, un cycloconvertisseur alimente une charge triphasée équilibrée à la fréquence f_L les courants de ligne se combinent dans chaque phase au point de couplage des trois convertisseurs polyphasés (d'indice de pulsation p), alimentant chacun une phase de la charge triphasée. La combinaison des courants de ligne peut-être approchée en examinant la puissance active totale et la puissance réactive totale. Dans le cas d'une charge purement active et d'un convertisseur idéal, la puissance active totale est constante (pas de puissance fluctuante) et la puissance réactive totale est une constante à laquelle s'ajoute une composante fluctuante de faible amplitude de fréquence $2pf_L$. Dans le cas d'une charge purement réactive et d'un convertisseur idéal, la puissance active totale est nulle et la puissance réactive totale est une constante. Les courants de ligne résultant de ces combinaisons contiennent une modulation à la fréquence $2pf_L$ et ses multiples. Des courants interharmoniques supplémentaires résultent d'une commande non linéaire visant à optimiser le dimensionnement, ainsi que des imperfections inévitables du système.

Les convertisseurs de fréquence indirects comportent une liaison intermédiaire à courant continu, avec un convertisseur d'entrée côté réseau et un convertisseur de sortie (travaillant le plus fréquemment en onduleur) du côté charge. Pour les deux structures, en source de courant et en source de tension, la liaison à courant continu comporte un filtre découplant le courant ou la tension entre le réseau d'alimentation et la charge. En conséquence, les deux fréquences fondamentales (réseau et charge) sont découplées. Mais un filtrage parfait n'existe pas, et il en résulte des courants sur le réseau d'alimentation à des fréquences présentes sur la liaison à courant continu et dues à la charge. Ces fréquences sont des sous-harmoniques et des interharmoniques de la fréquence du réseau d'alimentation. Il convient cependant de souligner que le phénomène est le plus souvent négligeable pour les convertisseurs en source de tension.

Les convertisseurs statiques de fréquence électroniques injectent sur le réseau des courants à des fréquences sous-harmoniques et interharmoniques principalement situées dans une gamme de 0 Hz à 150 Hz ou 300 Hz. Ceci correspond à la fréquence fondamentale de la charge, qui est souvent un moteur à fréquence variable. La partie la plus élevée des fréquences, jusqu'à 2 500 Hz, est d'amplitude nettement plus faible. Ces sous-harmoniques ou interharmoniques ne sont pas à fréquence fixe, c'est là la principale difficulté.

Certains convertisseurs statiques, utilisés pour alimenter des réseaux particuliers à fréquence fixe, produisent également des sous-harmoniques ou interharmoniques à fréquence fixe.

Les fréquences harmoniques et interharmoniques de certains convertisseurs, dont le fondamental d'entrée est f et le fondamental de sortie est F , sont définies par l'équation suivante:

$$f_{h,m} = [(p_1 \times k_1) \pm 1] \times f \pm [(p_2 \times k_2)] \times F$$

où

p_1 est l'indice de pulsation du convertisseur d'entrée;

p_2 est l'indice de pulsation du convertisseur de sortie;

k_1, k_2 représentent les suites des entiers naturels (0, 1, 2, 3 ...), et

si $k_2 = 0$, $f_{h,m} = f_h$ (fréquences harmoniques).

C.1.2.2 Sub-harmonics or interharmonics produced by the load of a converter

Electronic frequency converters have a different behaviour according to their structure. Direct converters, such as cycloconverters, consist of an assembly of semiconductor devices and their auxiliary circuits which, by means of their cyclic commutations, convert the input voltage at the fundamental frequency of the power supply network into an output voltage at a fundamental frequency, defined by the control of the converter to be suitable for feeding the load. (The load may be a variable speed motor or a particular network at a fixed frequency, for example, 25 Hz or 16 Hz 2/3.) These cycloconverters have no decoupling function between the two different fundamental frequencies. Therefore currents at multiples of the load frequency are circulating directly in the line side of the converter assembly of each phase. The line current has the form of a current at the power supply network frequency (plus its regular harmonics), modulated in amplitude depending on the load frequency.

NOTE For example, in a cycloconverter for a three-phase balanced load fed at the frequency f_L , the line currents combine in each phase at the point of coupling of the three individual multiphase converters (pulsation index p), each feeding a phase of the three-phase load. The combination of the line currents can be approached when considering the total active power and the total reactive power. In the case of a purely active load and of an ideal converter, the total active power is a constant (without fluctuating power) while the total reactive power is a constant with addition of fluctuating component of low amplitude at a frequency of $2pf_L$. In the case of a purely reactive load and of an ideal converter, the total active power is zero, while the total reactive power is a constant. The line current resulting from these combinations contains a modulation at frequencies of $2pf_L$ and its multiples. Additional other interharmonic currents result from a non-linear command having a rating optimization purpose, and from the unavoidable imperfections of the system.

Indirect frequency converters have an intermediate d.c. link, with an input converter on the line side and an output converter (more often operating as an inverter) on the load side. For both structures, current stiff and voltage stiff, the d.c. link includes a filter decoupling the current or the voltage of the power supply system and of the load. Therefore, the two fundamental frequencies (supply and load) are decoupled. But infinite filtering does not exist, and the remaining coupling path produces currents on the supply network at frequencies present on the d.c. link and due to the load side. These frequencies are sub-harmonic and interharmonic relative to the power supply frequency. However, it should be underlined that this phenomena is most often negligible for voltage source inverters.

Electronic frequency converters inject currents into the network at sub-harmonic and interharmonic frequencies that are mainly in the range from 0 Hz to 150 Hz or 300 Hz. These correspond to the fundamental frequency of the load, which is frequently a variable speed motor. The highest range of frequencies, up to 2 500 Hz, is much smaller in amplitude. The main difficulty is that those sub-harmonics or interharmonics are not at a fixed frequency.

Some semiconductor converters, used to feed particular networks at a fixed frequency, also produce sub-harmonics and/or interharmonics at a fixed frequency.

Harmonic and interharmonic frequencies of such converters with an input fundamental frequency f and an output fundamental frequency F are defined by the following equation:

$$f_{h,m} = [(p_1 \times k_1) \pm 1] \times f \pm [(p_2 \times k_2)] \times F$$

where

p_1 is the pulse number of the input converter;

p_2 is the pulse number of the output converter;

k_1, k_2 are the series of whole integers (0, 1, 2, 3...); and

if $k_2 = 0$, $f_{h,m} = f_h$ (harmonic frequencies).

C.1.2.3 Sous-harmoniques et interharmoniques du fonctionnement interne d'un convertisseur

Certains convertisseurs statiques de puissance auto-commutés comportent une partie active du côté réseau (utilisant des transistors ou des thyristors à extinction) dont la fréquence de commutation n'est pas un multiple entier de la fréquence du réseau. Cette fréquence de commutation peut être constante ou variable en fonction de critères liés au convertisseur lui-même. Chaque commutation modifie le trajet du courant, présentant ainsi au réseau une non-linéarité. Il en résulte des tensions interharmoniques qui se superposent à la tension du réseau lorsque l'impédance interne des circuits en commutation du convertisseur est faible devant l'impédance interne du réseau. Il peut aussi en résulter des courants harmoniques injectés sur le réseau lorsque l'impédance interne des circuits en commutation du convertisseur est importante comparativement à l'impédance interne du réseau. Les fréquences interharmoniques sont liées à des fréquences de commutation généralement comprises dans une gamme allant de quelques centaines de hertz à quelques dizaines de kilohertz.

C.1.2.4 Autres sources diverses

Les moteurs à induction peuvent engendrer un courant magnétisant irrégulier en raison des encoches du stator et du rotor – éventuellement en association avec la saturation du fer – qui donne naissance à des courants interharmoniques sur le réseau basse tension. A la vitesse normale du moteur, les fréquences perturbatrices sont dans la gamme des rangs 10 à 40, mais en période de démarrage, il balayent toute la plage des fréquences jusqu'à leur valeur finale.

Les émetteurs de télécommandes centralisées produisent intentionnellement des tensions à des fréquences interharmoniques prédéfinies. L'objet et la mise en œuvre de ces émetteurs de télécommandes sont décrits en 4.7 de la CEI 61000-2-2. Leur gamme de fréquences va de 110 Hz à 3 000 Hz avec un niveau de tension relative U_s/U_N allant de 9 % jusqu'à 500 Hz et décroissant (20 dB par décade) entre 500 Hz et 3 000 Hz (1,5 %). D'autres systèmes de transmission de signaux sur le réseau travaillent dans des gammes de fréquence plus élevées (3 kHz à 20 kHz et 20 kHz à 148,5 kHz).

C.1.3 Effets des interharmoniques et compatibilité

Les interharmoniques introduisent des phénomènes non périodiques ou quasiment non périodiques qui se superposent à la forme d'onde périodique de la tension du réseau. En conséquence, la valeur crête de la tension varie à une fréquence plus basse où la différence entre les fréquences en question constitue la perturbation. Tout usage de l'électricité pour lequel la valeur crête est importante s'en trouve perturbé. Les récepteurs de télévision, par exemple, peuvent être perturbés, et les dispositifs d'éclairage peuvent subir du papillotement.

On peut s'attendre à ce que les récepteurs de télécommandes centralisées soient perturbés par les interharmoniques. Pour tenir compte des différentes atténuations entre émetteurs et récepteurs dans le réseau de distribution d'énergie, leur niveau de réception opérationnel est très bas: 0,3 %. En conséquence, il est souhaitable que les utilisateurs d'électricité sachent si un tel dispositif de télécommande est actif dans la zone où ils sont installés et quelle est la fréquence de fonctionnement de ce dispositif. Il s'agit de l'information minimale nécessaire pour assurer la compatibilité.

La fréquence d'un courant interharmonique pouvant survenir peut balayer sans discontinuité une large gamme de fréquence. La tension interharmonique résultante est définie par le courant et l'impédance à cette fréquence particulière. L'effet le plus pernicieux est la possibilité d'exciter les fréquences d'anti-résonance de filtres passifs ou de bancs de condensateurs de compensation de facteurs de puissance qui sont connectés au réseau.

C.1.2.3 Sub-harmonics or interharmonics produced by internal operation of a converter

Some self-commutated converters have an active front end (using transistors or gate turn-off thyristors) operated at a switching frequency which is not an integer multiple of the network frequency. This switching frequency may be constant or variable according to criteria related to the operation of the converter itself. Each switching changes the current path, thereby showing a non-linearity to the network. This produces interharmonic voltages superimposed to the network voltage when the internal impedance of the switching circuits of the converter is low compared to the internal impedance of the network. This may also produce interharmonic currents injected into the network when the internal impedance of the switching circuits of the converter is high as compared to the internal impedance of the network. The interharmonic frequencies are related to the switching frequency, generally in the range of a few hundred hertz to a few tenths of kilohertz.

C.1.2.4 Other miscellaneous sources

Induction motors may give rise to an irregular magnetizing current due to the slots in the stator and rotor – possibly in association with saturation of the iron – which generates interharmonics in the low-voltage network. At the normal speed of the motor, the disturbing frequencies are practically in the range of orders 10 to 40, but during the starting period they run through the whole frequency range up to their final value.

Voltages at interharmonic pre-defined frequencies are also produced intentionally by ripple control transmitters. The purpose and practice of ripple control transmitters is described in 4.7 of IEC 61000-2-2. Their frequency range is 110 Hz to 3 000 Hz with a maximum relative voltage level U_s/U_N of 9 % up to 500 Hz and decreasing (20 dB per decade) between 500 Hz and 3 000 Hz (1,5 %). Other systems for mains signalling operate in higher frequency ranges (3 kHz to 20 kHz and 20 kHz to 148,5 kHz).

C.1.3 Effects of interharmonics and compatibility

Interharmonics introduce non-periodical or quasi-non-periodical phenomena superimposed on the periodical wave form of voltage network. Therefore the crest voltage is changed at a lower frequency where the difference of the involved frequencies appears as the disturbance. Each use of electricity where the crest voltage is of importance is then disturbed. Examples are lighting equipment, which may flicker, and television receivers, which may be disturbed.

Ripple control receivers are likely to be disturbed by interharmonics. For reception their minimum operating level is as low as 0,3 %, to take into account the different attenuations between the emitter and the receivers in the power supply network. Therefore users of electricity should know whether such ripple control is in operation in their area and what the allocated frequency is. This minimum information is required to ensure compatibility.

The frequency of an interharmonic current may occur and sweep in a wide range of frequencies without discontinuity. The resulting interharmonic voltage is defined by the current and the impedance at the particular frequency. The most spurious effect is the ability to excite anti-resonance frequencies arising from passive filters or power factor compensation capacitor banks connected to the network.

C.1.4 Guide relatif aux niveaux

C.1.4.1 Niveaux relatifs au scintillement

Le paragraphe 5.7 traite du cas des tensions dont une composante de fréquence inter-harmonique se combine à la composante de fréquence fondamentale pour produire une fréquence de battement. Le Tableau C.1 donne les niveaux de tensions interharmoniques correspondant aux niveaux de compatibilité donnés par la Figure 1.

Tableau C.1 – Valeurs indicatives pour les tensions interharmoniques sur les réseaux à basse tension en relation avec l'effet de scintillement

Rang m	Réseau 50 Hz			Réseau 60 Hz		
	Fréquence inter-harmonique (f_m) Hz	U_m %		Fréquence inter-harmonique (f_m) Hz	U_m %	
		Réseau 120 V	Réseau 230 V		Réseau 120 V	Réseau 230 V
$0,20 < m \leq 0,60$	$10 < f_m \leq 30$	0,68	0,51	$12,0 < f_m \leq 36,0$	0,95	0,69
$0,60 < m \leq 0,64$	$30 < f_m \leq 32$	0,57	0,43	$36,0 < f_m \leq 38,4$	0,79	0,58
$0,64 < m \leq 0,68$	$32 < f_m \leq 34$	0,46	0,35	$38,4 < f_m \leq 40,8$	0,64	0,48
$0,68 < m \leq 0,72$	$34 < f_m \leq 36$	0,37	0,28	$40,8 < f_m \leq 43,2$	0,50	0,38
$0,72 < m \leq 0,76$	$36 < f_m \leq 38$	0,29	0,23	$43,2 < f_m \leq 45,6$	0,39	0,30
$0,76 < m \leq 0,84$	$38 < f_m \leq 42$	0,23	0,18	$45,6 < f_m \leq 50,4$	0,23	0,18
$0,84 < m \leq 0,88$	$42 < f_m \leq 44$	0,23	0,18	$50,4 < f_m \leq 52,8$	0,22	0,18
$0,88 < m \leq 0,92$	$44 < f_m \leq 46$	0,28	0,24	$52,8 < f_m \leq 55,2$	0,22	0,20
$0,92 < m \leq 0,96$	$46 < f_m \leq 48$	0,40	0,36	$55,2 < f_m \leq 57,6$	0,34	0,30
$0,96 < m \leq 1,04$	$48 < f_m \leq 52$	0,67	0,64	$57,6 < f_m \leq 62,4$	0,59	0,56
$1,04 < m \leq 1,08$	$52 < f_m \leq 54$	0,40	0,36	$62,4 < f_m \leq 64,8$	0,34	0,30
$1,08 < m \leq 1,12$	$54 < f_m \leq 56$	0,28	0,24	$64,8 < f_m \leq 67,2$	0,22	0,20
$1,12 < m \leq 1,16$	$56 < f_m \leq 58$	0,23	0,18	$67,2 < f_m \leq 69,6$	0,22	0,18
$1,16 < m \leq 1,24$	$58 < f_m \leq 62$	0,23	0,18	$69,6 < f_m \leq 74,4$	0,23	0,18
$1,24 < m \leq 1,28$	$62 < f_m \leq 64$	0,29	0,23	$74,4 < f_m \leq 76,8$	0,39	0,30
$1,28 < m \leq 1,32$	$64 < f_m \leq 66$	0,37	0,28	$76,8 < f_m \leq 79,2$	0,50	0,38
$1,32 < m \leq 1,36$	$66 < f_m \leq 68$	0,46	0,35	$79,2 < f_m \leq 81,6$	0,64	0,48
$1,36 < m \leq 1,40$	$68 < f_m \leq 70$	0,57	0,43	$81,6 < f_m \leq 84,0$	0,79	0,58
$1,40 < m \leq 1,80$	$70 < f_m \leq 90$	0,68	0,51	$84,0 < f_m \leq 108,0$	0,95	0,69

C.1.4.2 Niveaux généraux

Les niveaux donnés au Tableau 4, correspondant au rang pair immédiatement supérieur, peuvent servir de niveau indicatif relatif aux fréquences interharmoniques.

Les niveaux applicables à la classe 2 sont établis en fonction de la présence des dispositifs de télécommandes centralisées. Les niveaux de compatibilité applicables à la classe 3 peuvent être définis à des valeurs supérieures dans la mesure où les réseaux industriels ne comportent en règle générale pas de récepteurs de télécommandes centralisées, d'équipements d'éclairage ou de récepteurs de télévision.

NOTE Si de tels équipements existent dans des parties industrielles, ils ne sont pas directement couplés au circuit de classe 3. Voir les méthodes d'atténuation indiquées en C.2.

C.1.4 Guidance levels

C.1.4.1 Levels related to flicker effect

The case of a voltage having a frequency which combines with the fundamental frequency and results in a beat frequency has been dealt with in 5.7. Table C.1 indicates the interharmonic voltage levels corresponding to the compatibility level given in Figure 1.

Table C.1 – Indicative values for interharmonic voltages in low-voltage networks with respect to the flicker effect

Order m	50 Hz system			60 Hz system		
	Interharmonic frequency f_m Hz	U_m %		Interharmonic frequency f_m Hz	U_m %	
		120 V system	230 V system		120 V system	230 V system
$0,20 < m \leq 0,60$	$10 < f_m \leq 30$	0,68	0,51	$12,0 < f_m \leq 36,0$	0,95	0,69
$0,60 < m \leq 0,64$	$30 < f_m \leq 32$	0,57	0,43	$36,0 < f_m \leq 38,4$	0,79	0,58
$0,64 < m \leq 0,68$	$32 < f_m \leq 34$	0,46	0,35	$38,4 < f_m \leq 40,8$	0,64	0,48
$0,68 < m \leq 0,72$	$34 < f_m \leq 36$	0,37	0,28	$40,8 < f_m \leq 43,2$	0,50	0,38
$0,72 < m \leq 0,76$	$36 < f_m \leq 38$	0,29	0,23	$43,2 < f_m \leq 45,6$	0,39	0,30
$0,76 < m \leq 0,84$	$38 < f_m \leq 42$	0,23	0,18	$45,6 < f_m \leq 50,4$	0,23	0,18
$0,84 < m \leq 0,88$	$42 < f_m \leq 44$	0,23	0,18	$50,4 < f_m \leq 52,8$	0,22	0,18
$0,88 < m \leq 0,92$	$44 < f_m \leq 46$	0,28	0,24	$52,8 < f_m \leq 55,2$	0,22	0,20
$0,92 < m \leq 0,96$	$46 < f_m \leq 48$	0,40	0,36	$55,2 < f_m \leq 57,6$	0,34	0,30
$0,96 < m < 1,04$	$48 < f_m \leq 52$	0,67	0,64	$57,6 < f_m \leq 62,4$	0,59	0,56
$1,04 < m \leq 1,08$	$52 < f_m \leq 54$	0,40	0,36	$62,4 < f_m \leq 64,8$	0,34	0,30
$1,08 < m \leq 1,12$	$54 < f_m \leq 56$	0,28	0,24	$64,8 < f_m \leq 67,2$	0,22	0,20
$1,12 < m \leq 1,16$	$56 < f_m \leq 58$	0,23	0,18	$67,2 < f_m \leq 69,6$	0,22	0,18
$1,16 < m \leq 1,24$	$58 < f_m \leq 62$	0,23	0,18	$69,6 < f_m \leq 74,4$	0,23	0,18
$1,24 < m \leq 1,28$	$62 < f_m \leq 64$	0,29	0,23	$74,4 < f_m \leq 76,8$	0,39	0,30
$1,28 < m \leq 1,32$	$64 < f_m \leq 66$	0,37	0,28	$76,8 < f_m \leq 79,2$	0,50	0,38
$1,32 < m \leq 1,36$	$66 < f_m \leq 68$	0,46	0,35	$79,2 < f_m \leq 81,6$	0,64	0,48
$1,36 < m \leq 1,40$	$68 < f_m \leq 70$	0,57	0,43	$81,6 < f_m \leq 84,0$	0,79	0,58
$1,40 < m \leq 1,80$	$70 < f_m \leq 90$	0,68	0,51	$84,0 < f_m \leq 108,0$	0,95	0,69

C.1.4.2 General levels

Levels given in Table 4 for the next higher even harmonic may be taken as guidance for each interharmonic frequency.

The levels relevant to class 2 are set in consideration of the presence of ripple control devices. Since ripple control receivers, lighting equipment and television receivers are not generally present in industrial areas, the compatibility levels for class 3 are expected at higher values.

NOTE If such devices are present in the industrial area, they are not directly coupled to the circuit of class 3. For mitigation methods, see Clause C.2.

Là où il y a risque d'interférence avec les systèmes de transmission de signaux sur le réseau, les systèmes de télécommande centralisée, ou d'autres équipements spéciaux susceptibles, il convient de prendre garde aux interharmoniques et de choisir de préférence un environnement de classe 2. Pour cette classe, la fréquence de fonctionnement des récepteurs de systèmes de télécommande centralisée est spécifiée en fonction du lieu. Le niveau de réception peut être aussi bas que 0,3 % de la tension nominale du réseau de distribution. Un récepteur peut donc être perturbé par une tension interharmonique non intentionnelle qui excéderait cette valeur à sa propre fréquence de fonctionnement.

Le niveau de compatibilité interharmonique à la fréquence de fonctionnement des systèmes de transmission de signaux sur le réseau ou des systèmes de télécommande centralisée n'est pas défini. A cette fréquence de fonctionnement, il convient que les niveaux d'émission soient limités à 0,2 % de la tension nominale du réseau de distribution et que l'immunité des équipements soit définie conformément aux spécifications particulières des transmetteurs correspondants et aux conditions du réseau. Voir le paragraphe 4.7.1 de la CEI 61000-2-2.

L'usage d'un environnement de classe 3 nécessite des études complémentaires telles que l'identification du chemin de couplage entre l'environnement de classe 3 et le réseau public de distribution d'énergie, ou la définition d'un système de découplage.

On peut rencontrer de fortes valeurs d'interharmoniques sur les IPC de classe 3, spécialement en raison de certaines catégories de convertisseurs. Elles peuvent atteindre 2,5 % pour des fréquences inférieures au 11^{ème} rang, et 1 % pour les rangs supérieurs à 25. En fonction de leur origine, ces valeurs fluctuent généralement et changent rapidement à la fois en amplitude et en fréquence. Pour cette raison elles peuvent provoquer des résonances sur les bancs de condensateurs et sur les filtres passifs.

NOTE Lorsque des condensateurs de correction de facteur de puissance sont utilisés dans les réseaux industriels, il convient de les raccorder au réseau par des réactances en série, en particulier dans le cas d'IPC de classe 3.

C.2 Méthodes d'atténuation

Atténuer les émissions des convertisseurs de puissance est généralement complexe. La mise en place d'un découplage efficace entre les circuits d'alimentation des équipements susceptibles et ceux des équipements de puissance au moyen de filtres ou même d'ASI est une solution possible dans les cas où la présence d'équipements susceptibles est prévisible et semble inévitable.

Lorsque le but de la conversion de puissance est de produire une fréquence fondamentale réglable, on peut s'attendre à la présence d'un large spectre de fréquences interharmoniques. L'aspect le plus complexe réside dans le balayage par les interharmoniques de la totalité du spectre lorsque le convertisseur travaille à fréquence variable.

Les interharmoniques de cette nature résultent de l'impossibilité d'obtenir un découplage parfait entre l'entrée et la sortie du convertisseur. Les composantes de plus grande amplitude, sont généralement à basse ou très basse fréquence.

Un autre type d'interharmoniques est généré par le fonctionnement interne du convertisseur. L'exemple bien connu des convertisseurs à modulation de largeur d'impulsion (MLI) montre une émission interharmonique relative à la fréquence de commutation qui commande les composants semi-conducteurs. Cette fréquence de commutation peut être fixe ou ajustable en fonction des techniques de contrôle. Les interharmoniques de cette nature sont à des fréquences plus élevées que les précédents. Ils sont généralement plus faciles à filtrer.

Where there is a risk of interference with mains signalling, ripple control, or other susceptible equipment, special care should be taken with regard to interharmonics. A class 2 environment should be preferred. For this class, the operational frequency of ripple control receivers is locally specified. The response level of these receivers can be as low as 0,3 % of the nominal supply voltage. A receiver can therefore be disturbed by an unintended interharmonic voltage, at its defined operational frequency, in excess of this value.

The interharmonic compatibility level at the operating frequency of the mains signalling or ripple control system is not defined. At the operating frequency, the emission level should be limited to 0,2 % of the nominal supply voltage, and the immunity of equipment should be defined according to the particular specifications of the corresponding transmitters and network conditions. See 4.7.1 of IEC 61000-2-2.

The use of a class 3 environment requires more investigation such as identification of the coupling path between the class 3 environment and the public supply network, or design of a decoupling system.

High values of interharmonics can be present at class 3 IPCs due especially to some kinds of converters. They can be as high as 2,5 % for frequencies below the 11th order, and up to 1 % for orders above 25. Due to their origin, these values are generally fluctuating and rapidly changing in both amplitude and frequency. For that reason they may cause resonances on capacitor banks and passive filters.

NOTE Everywhere they are used in industrial networks, power factor correction capacitors should be connected through series reactors, particularly those which are intended to be connected to IPCs of class 3.

C.2 Mitigation methods

It is generally a complex matter to decrease emissions of power converters. Where susceptible equipment is expected and cannot be avoided, a possible solution is to introduce an efficient decoupling between the circuits supplying the susceptible equipment and the circuits supplying the power converters by means of filters or even UPSs.

When the purpose of the conversion of power is to produce an adjustable fundamental frequency, a wide spectrum of interharmonic frequencies can be expected. The most complex aspect is due to the interharmonics which sweep the whole spectrum when the output of the converter is operated at a variable frequency.

Interharmonics of this kind are the result of the impossibility of obtaining a perfect decoupling between the input and the output of a converter. The components of the largest amplitude are generally at low or very low frequencies.

Another kind arises from the internal operation mode of the converter. The well-known example of pulse width modulation (PWM) operated converters shows an emission of interharmonics related to the switching frequency controlling the semiconductor devices. This switching frequency may be fixed or adjustable depending on the control technique. Interharmonics of this last kind are at higher frequencies than the previous one. They are generally easier to filter.

C.2.1 Atténuation des niveaux d'émission

Le choix de convertisseurs indirects facilite le simple filtrage des interharmoniques émis par la conversion de puissance dédiée à la génération d'une fréquence variable. En fait, le filtrage simple peut être fourni en augmentant l'efficacité du filtrage interne présent dans la structure naturelle du convertisseur. L'augmentation du découplage entre la sortie et l'entrée permet de réduire l'amplitude des courants interharmoniques.

Il peut s'agir d'une solution coûteuse dans le cas des convertisseurs de grande puissance, mais qu'il convient d'examiner en alternative à un filtrage extérieur. Ce dernier peut mettre en oeuvre un filtrage passif ou un filtrage actif.

On doit prêter une attention particulière à la largeur du spectre d'émission dans le cas d'un filtrage passif, spécialement lorsque les interharmoniques balayent le spectre de fréquence. Le risque d'excitation d'une anti-résonance est si fort qu'il convient d'amortir les filtres passifs éventuellement utilisés. Généralement les installations de grande puissance doivent être soigneusement examinées dans tous les détails, afin de définir le système de filtrage. De plus, les filtres passifs ne peuvent pas fonctionner indépendamment les uns des autres, ou indépendamment du système de compensation d'énergie réactive. En conséquence, il convient d'examiner la totalité de l'installation lorsqu'on utilise un filtre passif.

Le filtrage actif peut fournir des solutions efficaces, en particulier pour les fréquences basses ou très basses. Ce filtrage est également efficace pour les sous-harmoniques ou interharmoniques. L'avantage majeur du filtrage actif réside dans son auto-adaptativité à la fréquence qui doit être filtrée. Il s'agit d'une propriété intrinsèque de leur contrôle, qui est d'abord définie pour extraire le résidu harmonique d'un courant à compenser ou le résidu harmonique d'une tension à nettoyer. La deuxième fonction du contrôle des semi-conducteurs est de compenser ou nettoyer, au moyen d'une technique MLI adaptée à l'étage de puissance. Ainsi, à l'inverse des filtres passifs qui sont accordés sur des rangs particuliers, les filtres actifs peuvent être considérés comme des filtres large bande. Ils fournissent une atténuation des émissions harmoniques ou interharmoniques depuis le continu jusqu'à quelques kilohertz, sans toucher à la tension ou au courant à la fréquence fondamentale.

Cependant, les convertisseurs commandés en MLI introduisent une émission interharmonique à des fréquences associées à la fréquence de commutation, qui peuvent être filtrées si nécessaire.

C.2.2 Augmentation de l'immunité

Les normes de produits définissent des limites d'immunité en référence aux niveaux de compatibilité. Cependant, lorsque les niveaux de compatibilité sont encore à l'étude, ou lorsqu'il n'y a pas de norme de produits applicable, un filtrage approprié de l'alimentation de la partie contrôle d'un équipement perturbé offre souvent une solution aux dysfonctionnements de cet équipement susceptible. Par ailleurs, un filtrage approprié peut être limité au circuit de synchronisation au moyen d'un filtre passe-bande accordé à la fréquence fondamentale, dans le cas d'équipement dont le fonctionnement nécessite une synchronisation avec le réseau d'alimentation en énergie. Généralement ces solutions touchent les circuits de faible puissance.

La solution la plus efficace demeure la séparation appropriée des circuits d'alimentation en fonction de leur usage. Sur un réseau industriel, il convient que cette séparation soit toujours établie entre les applications industrielles et les bureaux, et à l'intérieur même des applications industrielles, entre les différentes charges qu'il est bon de classer de manière adéquate. Ce genre de séparation facilite la définition de bons découplages et de bons filtrages concernant la totalité de l'installation, ayant pour objectif le meilleur compromis technico-économique possible.

C.2.1 Decrease emission levels

The selection of indirect converters facilitates the simple filtering of interharmonics emitted by the power conversion process when dedicated to variable frequency production. Indeed, the simple filtering may be provided by increasing the internal filtering effectiveness of the natural structure of the converter. Such an increase of decoupling between output and input provides reduction of interharmonic current amplitude.

In case of large converters this may not be an economic solution, but it should be investigated as an alternative to external filtering. External filtering may use passive filtering or active filtering.

Passive filtering requires particular attention to the width of the emission spectrum, particularly when the interharmonics sweep through the frequency spectrum. The risk of excitation of anti-resonance is so high that passive filters, if used, should be damped. Generally large power installations require careful and complete investigation to define the filtering system. Moreover, passive filters cannot be operated independently of each other or independently of reactive power compensation. Therefore, when passive filtering is used, the whole installation should be considered.

Active filtering can provide efficient solutions, particularly in the low or very low frequency range. Filtering is also effective for sub-harmonics or interharmonics. The main advantage of active filtering is that it is auto-adaptative to the frequency to be filtered. This property is intrinsic to their control, which is designed to first extract the harmonic content from a current which is to be compensated or from a voltage which is to be cleaned up. The second function of the control of the semiconductor devices is to operate the compensation or cleaning by means of an adapted PWM technique at the power stage. Therefore, unlike passive filters, which are tuned on particular orders, active filters can be considered as broad band filters. They provide attenuation of the harmonic (or interharmonic) emission from d.c. up to a few kilohertz, leaving the fundamental frequency voltage or current unaffected.

However, converters operating with PWM introduce an interharmonic emission at frequencies associated with the switching frequency, which can be filtered if necessary.

C.2.2 Increase immunity

Product standards set immunity limits with reference to compatibility levels. However, when compatibility levels are still under consideration or when the relevant product standard is not available, a solution in case of susceptibility causing malfunction of an equipment, can often be found in appropriate filtering of the supply of the control part of the disturbed equipment. For equipment needing to be synchronized with the power supply system, the appropriate filtering may be limited to the synchronizing circuit by means of a band pass filter tuned at the fundamental frequency. This generally affects circuits of low level of power.

The most efficient solution remains appropriate segregation of the circuits according to their use. In an industrial network, this segregation should be always established between the industrial applications and the offices, and within the industrial applications between the different loads which should be classified appropriately. This kind of segregation facilitates the design of correct decoupling and filtering of the whole installation, with the objective of the best technical and economical compromise.

C.2.3 Protection des dispositifs de télécommande centralisée

Il convient que le distributeur d'énergie fournisse l'identification de la fréquence de fonctionnement du dispositif de télécommande centralisée ou du système de transmission de signaux sur le réseau.

Il est souhaitable d'examiner deux aspects au PCC de l'installation:

- l'émission maximale autorisée pour la totalité de l'installation de telle sorte que le système de signalisation ne soit pas perturbé;
- l'impédance minimale acceptable pour le fonctionnement des transmissions du système de signalisation à la fréquence particulière de ce système.

Si on utilise un filtrage passif ou un dispositif de découplage, il faut prendre garde à éviter les anti-résonances pouvant être causées par les interharmoniques à fréquence variable.

C.3 Tensions aux fréquences plus élevées

La déformation de l'onde de tension dans la bande de fréquences au-delà du rang harmonique 50 et limitée à 9 kHz est aussi représentée par des composantes sinusoïdales, qui peuvent apparaître à la fois à des fréquences discrètes et sur des bandes relativement larges. Il n'est alors pas significatif de les classer en harmoniques ou interharmoniques.

A une fréquence discrète dans la bande située au-dessus de l'harmonique de rang 50 et jusqu'à 9 kHz, le niveau de compatibilité est exprimé comme le rapport de la tension u à cette fréquence particulière en valeur efficace à la valeur efficace du fondamental.

Pour une bande de fréquence dans la bande comprise entre l'harmonique de rang 50 et jusqu'à 9 kHz, le niveau correspondant à une quelconque bande de largeur 200 Hz centrée sur la fréquence F s'exprime par:

$$u_b = \frac{1}{V_{1N}} \times \sqrt{\frac{1}{200 \text{ Hz}}} \times \int_{F-100 \text{ Hz}}^{F+100 \text{ Hz}} V^2(f) \times df$$

où

V_{1N} est la valeur efficace de la tension assignée de la composante fondamentale;

$V(f)$ est la valeur efficace de la tension à la fréquence f ;

F est la fréquence centrale de la bande (la bande est située au-dessus de l'harmonique de rang 50).

L'expérience a montré que des niveaux pouvant atteindre 80 % à 90 % des valeurs ci-dessous ont déjà été rencontrées sur des réseaux industriels:

$u = 0,2 \%$ pour les IPC de classe 2;

$u = 1 \%$ pour les IPC de classe 3;

$u_b = 0,3 \%$ pour les IPC de classe 2;

$u_b = 1,5 \%$ pour les IPC de classe 3 .

Très peu de dysfonctionnements ont été notés sur des réseaux présentant des niveaux excédant les valeurs ci-dessus.

C.2.3 Protection of ripple control system

Identification of the frequency used by the ripple control system or mains signalling should be made available by the power supply authority.

Two aspects should be considered at the PCC of the installation:

- the maximum emission allowed for the whole installation in order not to disturb the signalling system;
- the minimum impedance, at the particular frequency of the signalling system, that is acceptable for operation of the transmission of the signalling system.

If a particular passive filtering or decoupling system is installed, care should be taken to avoid anti-resonance in case of sweeping interharmonics.

C.3 Voltages at higher frequencies

Distortion of the voltage wave form in the frequency band above the 50th harmonic and less than 9 kHz is also represented by sinusoidal components, which can occur both at discrete frequencies and in relatively broad bands of frequencies. In the case of such higher frequency voltages, it is generally not significant whether they are harmonics or interharmonics.

For a discrete frequency in the range above the 50th harmonic and up to 9 kHz, levels are expressed as the ratio u of the r.m.s. voltage at that frequency to the r.m.s. value of the fundamental component of the voltage.

For a band of frequencies above the 50th harmonic and up to 9 kHz, the levels are related to any 200 Hz bandwidth centred at frequency F , and are expressed as follows:

$$u_b = \frac{1}{V_{1N}} \times \sqrt{\frac{1}{200 \text{ Hz}}} \times \int_{F-100 \text{ Hz}}^{F+100 \text{ Hz}} V^2(f) \times df$$

where

V_{1N} is the rated r.m.s. value of the fundamental component;

$V(f)$ is the r.m.s. voltage at frequency f ;

F is the centre frequency of the band (the band is above the 50th harmonic).

From experience, levels up to 80 % or 90 % of the following reference levels have been reported as already met in industrial networks:

$u = 0,2 \%$ for class 2 IPCs;

$u = 1 \%$ for class 3 IPCs.

$u_b = 0,3 \%$ for class 2 IPCs;

$u_b = 1,5 \%$ for class 3 IPCs;

and few troubles were reported on networks having values in excess of the above.

Bibliographie

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*
Amendement 1 (1994)
Amendement 2 (1997)

CEI 60050-551-20:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 551-20: Electronique de puissance – Analyse harmonique*

CEI 61000-2-1:1990, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Deuxième partie: Environnement – Section 1: Description de l'environnement – Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation*

CEI/TR 61000-2-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-8: Environnement – Creux de tension et coupures brèves sur les réseaux d'électricité publics incluant des résultats de mesures statistiques*³

CEI 61000-3-6:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 6: Evaluation des limites d'émission pour les charges déformantes raccordées aux réseaux MT et HT*. Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-3-7:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 7: Evaluation des limites d'émission des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT*. Publication fondamentales en CEM

CEI 61000-4-7:1991, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 7: Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'inter-harmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

CEI 61000-4-15:1997, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 15: Flickermètre – Spécifications fonctionnelles et de conception*

IEEE Std 1346-1998: *IEEE Recommended Practice For Evaluating Electric Power System Compatibility With Electronic Process Equipment*

³ A publier.

Bibliography

IEC 60038: 1983, *IEC standard voltages*
Amendment 1 (1994)
Amendment 2 (1997)

IEC 60050-551-20:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551-20: Power electronics – Harmonic analysis*

IEC 61000-2-1:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC/TR 61000-2-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-8: Environment: Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results*³

IEC 61000-3-6:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems*. Basic EMC Publication

IEC 61000-3-7:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 7: Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems*. Basic EMC Publication

IEC 61000-4-7:1991, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 7: General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61000-4-15:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 15: Flickermeter – Functional and design specifications*

IEEE Std 1346-1998: *IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment*

³ To be published



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe

1211 GENEVA 20

Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐
 librarian ☐
 researcher ☐
 design engineer ☐
 safety engineer ☐
 testing engineer ☐
 marketing specialist ☐
 other.....

Q3 I work for/in/as a:
(tick all that apply)

- manufacturing ☐
 consultant ☐
 government ☐
 test/certification facility ☐
 public utility ☐
 education ☐
 military ☐
 other.....

Q4 This standard will be used for:
(tick all that apply)

- general reference ☐
 product research ☐
 product design/development ☐
 specifications ☐
 tenders ☐
 quality assessment ☐
 certification ☐
 technical documentation ☐
 thesis ☐
 manufacturing ☐
 other.....

Q5 This standard meets my needs:
(tick one)

- not at all ☐
 nearly ☐
 fairly well ☐
 exactly ☐

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐
 standard is incomplete ☐
 standard is too academic ☐
 standard is too superficial ☐
 title is misleading ☐
 I made the wrong choice ☐
 other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
 (2) below average,
 (3) average,
 (4) above average,
 (5) exceptional,
 (6) not applicable

- timeliness.....
 quality of writing.....
 technical contents.....
 logic of arrangement of contents
 tables, charts, graphs, figures.....
 other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only ☐
 English text only ☐
 both English and French texts ☐

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat ☐
bibliothécaire ☐
chercheur ☐
ingénieur concepteur ☐
ingénieur sécurité ☐
ingénieur d'essais ☐
spécialiste en marketing ☐
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie ☐
comme consultant ☐
pour un gouvernement ☐
pour un organisme d'essais/
certification ☐
dans un service public ☐
dans l'enseignement ☐
comme militaire ☐
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence ☐
une recherche de produit ☐
une étude/développement de produit ☐
des spécifications ☐
des soumissions ☐
une évaluation de la qualité ☐
une certification ☐
une documentation technique ☐
une thèse ☐
la fabrication ☐
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout ☐
à peu près ☐
assez bien ☐
parfaitement ☐

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée ☐
la norme est incomplète ☐
la norme est trop théorique ☐
la norme est trop superficielle ☐
le titre est équivoque ☐
je n'ai pas fait le bon choix ☐
autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

- publication en temps opportun
qualité de la rédaction.....
contenu technique
disposition logique du contenu
tableaux, diagrammes, graphiques,
figures
autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français ☐
uniquement le texte anglais ☐
les textes anglais et français ☐

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



ISBN 2-8318-6413-5



ICS 33.100.10; 33.100.20
