

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

1000-3-7

Première édition
First edition
1996-10

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 3:

Limites –

**Section 7: Evaluation des limites d'émission
des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT –
Publication fondamentale en CEM**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 3:

Limits –

**Section 7: Assessment of emission limits
for fluctuating loads in MV and HV
power systems –
Basic EMC publication**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1000-3-7: 1996

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3**

**CEI
IEC**

**TECHNICAL
REPORT – TYPE 3**

1000-3-7

Première édition
First edition
1996-10

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

**Partie 3:
Limites –**

**Section 7: Evaluation des limites d'émission
des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT –
Publication fondamentale en CEM**

Electromagnetic compatibility (EMC) –

**Part 3:
Limits –**

**Section 7: Assessment of emission limits
for fluctuating loads in MV and HV
power systems –
Basic EMC publication**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	4
INTRODUCTION.....	8
Articles	
1 Domaine d'application.....	10
2 Documents de référence.....	10
3 Concepts de base.....	12
4 Principes généraux.....	18
5 Méthode générale d'évaluation des niveaux d'émission.....	24
6 Effets de sommation.....	26
7 Limites d'émission des charges fluctuantes dans les réseaux MT.....	28
7.1 Stade 1: évaluation simplifiée de l'émission de perturbation.....	28
7.2 Stade 2: limite d'émission proportionnelle à la puissance souscrite de l'utilisateur....	30
7.3 Stade 3: acceptation de niveaux plus élevés à titre exceptionnel et précaire.....	36
8 Limites d'émission des charges fluctuantes sur les réseaux HT.....	36
8.1 Stade 1: évaluation simplifiée de l'émission perturbatrice.....	36
8.2 Stade 2: limites d'émission proportionnelles à la puissance souscrite de l'utilisateur	36
8.3 Stade 3: acceptation de niveaux d'émission plus élevés sur une base exceptionnelle et précaire.....	42
9 Limites d'émission pour des variations rapides de tension.....	42
Annexes	
A Méthodes de prédiction simplifiées du niveau de flicker.....	46
B Sommation des P_{st} provenant des jeux de barres différents.....	52
C Exemples de cas typiques.....	54
D Liste des principaux symboles littéraux.....	74
E Bibliographie.....	80

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Reference documents	11
3 Basic concepts	13
4 General principles	19
5 General guidelines for the assessment of emission levels	25
6 Summation effects	27
7 Emission limits for fluctuating loads in MV systems	29
7.1 Stage 1: simplified evaluation of disturbance emission	29
7.2 Stage 2: emission limits proportional to the agreed power of the consumer	31
7.3 Stage 3: acceptance of higher emission levels on an exceptional and precarious basis	37
8 Emission limits for fluctuating loads in HV systems	37
8.1 Stage 1: simplified evaluation of disturbance emission	37
8.2 Stage 2: emission limits proportional to the agreed power of the consumer	37
8.3 Stage 3: acceptance of higher emission levels on an exceptional and precarious basis	43
9 Emission limits for rapid voltage changes	43
Annexes	
A Simplified prediction methods for flicker severity	47
B Addition of P_{st} from different busbars	53
C Examples of some typical case studies	55
D List of principal letter symbols, subscripts and symbols	75
E Bibliography	81

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 3: Limites –

Section 7: Evaluation des limites d'émission des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT – Publication fondamentale en CEM

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, 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, rapport technique 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 du 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.

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

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 3: Limits –****Section 7: Assessment of emission limits for fluctuating loads
in MV and HV power systems –
Basic EMC publication**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Standardization Organization (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 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.

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

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

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

Le CEI 1000-3-7, rapport technique de type 3, a été établi par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

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

Projet de comité	Rapport de vote
77A/136/CDV	77A/154/RVC

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

Le présent rapport est un rapport technique de type 3, de caractère entièrement informatif. Il ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

Withdrawn

IEC 1000-3-7, which is a technical report of type 3, has been prepared by sub-committee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

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

Committee draft	Report on voting
77A/136/CDV	77A/154/RCV

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

This report is a technical report of type 3 and is of a purely informative nature. It is not to be regarded as an International Standard.

Withdrawn

INTRODUCTION

Ce rapport technique est une partie de la publication CEI série 1000 dont la structure est la suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

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

Partie 4: Techniques d'essais et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essais

Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation

Guides d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Divers

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

La présente section est un rapport technique.

INTRODUCTION

This technical report is part of the IEC 1000 series, according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

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

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Miscellaneous

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

This section is a technical report.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 3: Limites –

Section 7: Evaluation des limites d'émission des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT – Publication fondamentale en CEM

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique présente les principes servant de base à la détermination des exigences à respecter lors du raccordement au réseau public de charges fluctuantes importantes (produisant du flicker). L'objectif principal est de fournir des indications sur les pratiques d'ingénierie qui assurent une qualité de service adéquate à tous les usagers d'un même réseau.

L'approche conseillée dans ce rapport repose nécessairement sur certaines hypothèses simplificatrices, on ne peut donc pas garantir que cette approche fournisse toujours la solution optimale à tous les problèmes de flicker. L'application totale ou partielle des procédures d'évaluation recommandées doit être pratiquée avec souplesse et en gardant un regard d'ingénieur.

La décision finale concernant le raccordement des installations comprenant des charges fluctuantes est toujours de la compétence du distributeur.

Les problèmes liés aux fluctuations de tension appartiennent à deux catégories principales:

- l'effet de papillotement (flicker) de l'éclairage;
- le risque pour l'amplitude de tension de dépasser la tolérance admise.

Ce rapport traite en premier lieu du contrôle ou de la limitation du flicker, mais un article est consacré aux variations de tension et à leurs effets.

NOTES

1 Ce rapport définit le système des tensions avec les termes suivants:

- | | |
|---------------------------------|--|
| – basse tension (BT) pour | $U_N \leq 1 \text{ kV};$ |
| – moyenne tension (MT) pour | $1 \text{ kV} < U_N \leq 35 \text{ kV};$ |
| – haute tension (HT) pour | $35 \text{ kV} < U_N \leq 230 \text{ kV};$ |
| – très haute tension (THT) pour | $230 \text{ kV} < U_N$ |

Dans le contexte de ce rapport, la fonction du réseau est plus importante que sa tension assignée. Par exemple, on peut attribuer à un réseau HT utilisé pour la distribution, un «niveau de planification» (voir article 3) se situant entre ceux des réseaux MT et HT.

2 La «charge» doit être comprise comme l'installation complète de l'utilisateur.

2 Documents de référence

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

CEI 868: 1986, *Flickermètre – Spécifications fonctionnelles et de conception*

CEI 1000-3-3: 1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 3: Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé $\leq 16 \text{ A}$*

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 3: Limits –

Section 7: Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication

1 Scope

This technical report outlines principles which are intended to be used as the basis for determining the requirements for connecting large fluctuating loads (producing flicker) to public power systems. The primary objective is to provide guidance for engineering practices which will ensure adequate service quality for all connected consumers.

Since the guidelines outlined in this report are necessarily based on certain simplifying assumptions, there is no guarantee that this approach will always provide the optimum solution for all flicker problems. The recommended approach should be used with flexibility and judgment as far as engineering is concerned, when applying the given assessment procedures in full or in part.

The final decision regarding the connection of fluctuating installations will always rest with the utility.

Problems related to voltage fluctuations fall into two basic categories:

- flicker effect from light sources;
- risk of the voltage magnitude being outside accepted tolerances.

This report primarily focuses on controlling or limiting flicker, but a clause is included to address voltage magnitude changes and their effects.

NOTES

1 This report uses the following terms for system voltage:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| – low voltage (LV) refers to | $U_N \leq 1 \text{ kV};$ |
| – medium voltage (MV) refers to | $1 \text{ kV} < U_N \leq 35 \text{ kV};$ |
| – high voltage (HV) refers to | $35 \text{ kV} < U_N \leq 230 \text{ kV};$ |
| – extra high voltage (EHV) refers to | $230 \text{ kV} < U_N.$ |

In the context of this report, the function of the network is more important than its rated voltage. For example, a HV system used for distribution may be given a "planning level" (see clause 3) which is situated between those of MV and HV systems.

2 The "load" is to be understood as the complete consumer's load.

2 Reference documents

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

IEC 868: 1986, *Flickermeter – Functional and design specifications*

IEC 1000-3-3: 1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current $\leq 16 \text{ A}$*

CEI 1000-3-5: 1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 5: Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé supérieur à 16 A*

3 Concepts de base

Le flickermètre international (voir CEI 868) propose deux grandeurs pour caractériser le niveau de sévérité du flicker: P_{st} («st» se réfère à «short term» ou temps court: une valeur est obtenue chaque période de 10 min) et le P_{lt} («lt» se réfère à «long term» ou temps long: une valeur est donnée toutes les périodes de 2 h). Les critères de qualité de la tension liés au flicker sont donc généralement exprimés en terme de P_{st} et/ou P_{lt} , P_{lt} étant issu du groupe de 12 valeurs consécutives de P_{st} :

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \cdot \sum_{j=1}^{12} P_{stj}^3} \quad (1)$$

Dans le contexte de ce rapport, les mesures de flicker sont généralement effectuées au point commun de couplage (PCC) de la charge fluctuante, c'est-à-dire au niveau MT ou HT. Il faut néanmoins se rappeler que la raison de ces limites est la possibilité d'une gêne sur les réseaux BT. On suppose que le flickermètre est adapté à la tension des lampes de façon à ce que les mêmes limites s'appliquent quelle que soit la tension du réseau BT. Ceci est important car les lampes à 120 V sont moins sensibles aux fluctuations de tension que celles de 230 V et les lampes de 100 V le sont encore moins (voir figure 4).

Il convient que les limites d'émission pour les équipements individuels ou pour l'ensemble de la charge d'un utilisateur soient définies à partir de critères de qualité de tension. On utilise certains concepts de base pour définir ces critères de qualité de tension. Afin que ceux-ci puissent conduire à des évaluations significatives, ils sont définis en fonction du lieu où ils s'appliquent, et de la façon dont ils sont mesurés et calculés (durée de mesure, temps d'échantillonnage, temps de moyennage, statistiques). Ces concepts sont décrits ici et illustrés aux figures 1 et 2. On peut trouver les définitions dans la CEI 50(161).

Niveaux de compatibilité

Ce sont des valeurs de référence (tableau 1) qui permettent de coordonner l'émission et l'immunité des équipements faisant partie de, ou étant alimentés par un même réseau, afin d'assurer la CEM dans l'ensemble du système, comprenant le réseau lui-même et les installations qui y sont raccordées. Les niveaux de compatibilité sont généralement relatifs à une probabilité de non-dépassement de 95 % pour un réseau complet, sur la base de distributions représentant les variations des perturbations à la fois dans le temps et dans l'espace. La marge représente le fait qu'un distributeur ne peut pas garantir les niveaux en tous les points du réseau et à tout instant. C'est pourquoi, il est souhaitable que les niveaux de compatibilité soient évalués sur l'ensemble d'un réseau. Il n'y a pas de méthode d'évaluation en un point spécifique.

IEC 1000-3-5: 1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

3 Basic concepts

The international flickermeter (see IEC 868) provides two quantities to characterize the flicker severity: P_{st} ("st" referring to "short term": one value is obtained for each 10 min period) and P_{lt} ("lt" referring to "long term": one value is obtained for each 2 h period). The flicker related voltage quality criteria are generally expressed in terms of P_{st} and/or P_{lt} , P_{lt} being derived from groups of 12 consecutive P_{st} values:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \cdot \sum_{j=1}^{12} P_{stj}^3} \quad (1)$$

Flicker measurements are generally made at the point of common coupling (PCC) of a fluctuating load, i.e. at the MV or HV level in the context of this report. However, it should be remembered that the background for limits is the possible annoyance of LV consumers. It is assumed that the flickermeter is adapted to the voltage of the lamps so that the same limits apply irrespective of the voltage of the LV distribution system. This is important because 120 V lamps are less sensitive to voltage fluctuations than 230 V lamps and 100 V lamps are even less sensitive (see figure 4).

Emission limits for individual equipment or a consumer's total load should be developed on the basis of voltage quality criteria. Some basic concepts are used to evaluate voltage quality. In order for these concepts to be useful in meaningful evaluation, they are defined in terms of where they apply (locations), and how they are measured (measurement duration, sample times, averaging durations, statistics), and calculated. These concepts are described here and illustrated in figures 1 and 2. Definitions may be found in IEC 50(161).

Compatibility levels

These are reference values (see table 1) for coordinating the emission and immunity of equipment which is part of, or supplied by, a supply network in order to ensure the EMC in the whole system (including network and connected equipment). Compatibility levels are generally based on the 95 % probability levels of entire systems using distributions which represent both time and space variations of disturbances. There is allowance for the fact that a utility cannot control all points of a network at all times. Therefore, evaluation with respect to compatibility levels should be made on a system basis and no assessment method is provided for evaluation at a specific location.

Le tableau 1 donne les niveaux de compatibilité pour le flicker sur les réseaux BT et MT.

Tableau 1 – Niveaux de compatibilité de P_{st} et P_{lt} dans les réseaux BT et MT

	Niveau de compatibilité
P_{st}	1,0
P_{lt}	0,8

Niveaux de planification

Il s'agit de niveaux qui peuvent être utilisés à des fins de planification lors de l'évaluation de l'impact sur le réseau de l'ensemble des charges de tous les utilisateurs. Les niveaux de planification sont spécifiés par le distributeur d'électricité pour tous les niveaux de tension du réseau, et peuvent être considérés comme des objectifs internes de qualité. Les niveaux de planification sont inférieurs ou égaux aux niveaux de compatibilité. On ne peut en donner que des valeurs indicatives car ils diffèrent d'un cas à l'autre, selon la structure du réseau et les circonstances. Un exemple de niveaux de planification pour les P_{st} et les P_{lt} est donné au tableau 2.

Tableau 2 – Valeurs indicatives des niveaux de planification pour le P_{st} et le P_{lt} dans les réseaux électriques MT, HT et THT

	Niveaux de planification	
	MT	HT et THT
P_{st}	0,9	0,8
P_{lt}	0,7	0,6

NOTES

- 1 Ces valeurs ont été choisies en estimant que le coefficient de transfert entre la MT ou la HT d'un côté et la BT de l'autre est égal à 1.
- 2 En pratique, les coefficients de transfert de la HT vers la BT (T_{PstHL}) sont souvent significativement inférieurs à l'unité. Une valeur typique du T_{PstHL} est 0,8: dans ce cas, les niveaux de planification indicatifs deviennent $L_{PstHV} = 0,8/0,8 = 1,0$.
- 3 Les niveaux de planification du tableau 2 ne permettent pas de maîtriser le flicker produit lors d'événements incontrôlables comme des court-circuits dans le réseau d'alimentation, etc.

La suite de ce rapport souligne les procédures à suivre lors de l'utilisation de ces niveaux de planification pour évaluer les règles de raccordement des utilisateurs individuels.

Procédure d'évaluation

On conseille d'effectuer les mesures selon la CEI 868 sur une durée de mesure minimale d'une semaine. A partir des valeurs de P_{st} mesurées pendant la semaine d'observation, il convient de calculer les fonctions de probabilité cumulées (CPF) du P_{st} et du P_{lt} ainsi que les quantités $P_{st95\%}$, $P_{st99\%}$, $P_{lt95\%}$ et $P_{lt99\%}$ à partir de celles-ci:

- Il est souhaitable que le $P_{st99\%}$ ne soit pas supérieur aux niveaux de planification;
- Il est souhaitable que le $P_{lt99\%}$ ne soit pas supérieur aux niveaux de planification.

NOTES

- 4 Il peut être intéressant de comparer les quantités à 99 % et à 95 %. Si le rapport entre les deux est supérieur à 1,3, il convient d'essayer de comprendre la raison de cet écart; les éventuels résultats aberrants (dus à des orages par exemple) doivent être éliminés.
- 5 Il faut noter que si on se réfère à une période d'observation d'une semaine, la valeur du $P_{st99\%}$ est dépassée durant une période d'une heure quarante minutes. Théoriquement, une charge fluctuante pourrait générer un fort flicker de façon continue durant toute cette période et donner lieu à des plaintes. L'expérience a montré que les cycles de fonctionnement de durée similaire se répètent plusieurs fois par semaine et des cycles de fonctionnement inhabituels (fêtes foraines, etc.) qui peuvent se produire une fois par semaine, durent généralement plus de 1,5 h à 2 h.

The compatibility levels for flicker in LV and MV systems are given in table 1.

Table 1 – Compatibility levels for P_{st} and P_{lt} in LV and MV power systems

	Compatibility levels
P_{st}	1,0
P_{lt}	0,8

Planning levels

These are levels that can be used for planning purposes in evaluating the impact on the supply system of all consumer's loads. Planning levels are specified by the supply utility for all voltage levels of the system and can be considered as internal quality objectives. Planning levels are equal to or lower than compatibility levels. Only indicative values may be given because planning levels will differ from case to case, depending on network structure and circumstances. As an example, see the planning levels for P_{st} and P_{lt} presented in table 2.

Table 2 – Indicative values of planning levels for P_{st} and P_{lt} in MV, HV and EHV power systems

	Planning levels	
	MV	HV-EHV
P_{st}	0,9	0,8
P_{lt}	0,7	0,6

NOTES

- 1 These values were chosen on the assumption that the transfer coefficient between MV or HV systems and LV systems is unity.
- 2 In practice, transfer coefficients from HV to LV ($T_{P_{st}HL}$) are often significantly lower than unity. A typical value for $T_{P_{st}HL}$ is 0,8: in such a case, the indicative planning level for HV becomes $L_{P_{st}HV} = 0,8/0,8 = 1,0$.
- 3 The planning levels in table 2 are not intended to control flicker arising from uncontrollable events such as faults in the power system, etc.

The rest of this report outlines procedures for using these planning levels to evaluate connection requirements for individual consumers.

Assessment procedure

Measurements should be carried out according to IEC 868 with a minimum duration of one week. From the P_{st} values measured during the observation week, the Cumulative Probability Functions (CPF) of P_{st} and P_{lt} should be obtained and the percentiles $P_{st95\%}$, $P_{st99\%}$, $P_{lt95\%}$ and $P_{lt99\%}$ should be derived:

- $P_{st99\%}$ should not exceed the planning levels;
- $P_{lt99\%}$ should not exceed the planning levels.

NOTES

- 4 Comparing 99 % to 95 % percentiles may be useful. If the ratio between them is greater than 1,3 one should investigate the reason for the discrepancy. Possible abnormal results (e.g. due to thunderstorms) should then be eliminated.
- 5 It is worth noting that, with reference to an observation period of one week, the percentile $P_{st99\%}$ is exceeded for a total time of 1 h and 40 min. Theoretically, a fluctuating load could generate severe flicker continuously for such a period and cause complaints. Experience has shown that load cycles of similar duration occur many times in a week and uncommon load cycles (for example amusement places, etc.) that might take place once a week, usually last for more than 1,5 h to 2 h.

Les figures 1 et 2 illustrent les concepts de base décrits ci-dessus. Elles sont conçues de manière à mettre en évidence les relations les plus importantes entre les variables de base.

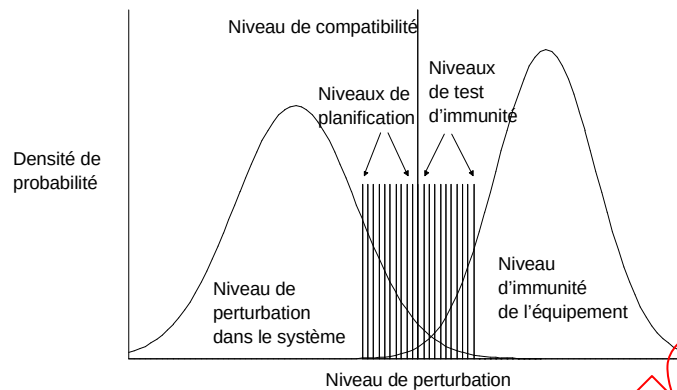


Figure 1 – Illustration des concepts fondamentaux de qualité de la tension au moyen du résultat statistique relatif au temps et en tous les lieux du système

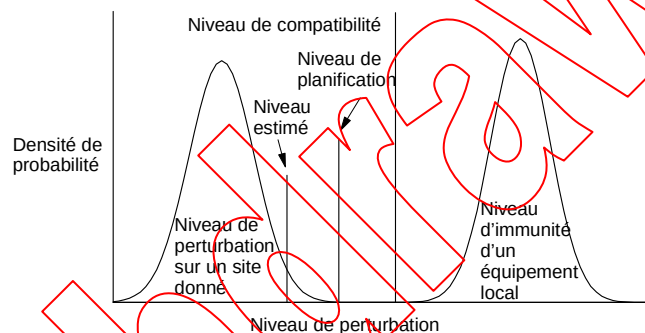


Figure 2 – Illustration des concepts fondamentaux de qualité de la tension au moyen du résultat statistique relatif au temps en un lieu donné

Sur l'ensemble d'un réseau électrique (figure 1), il se produit inévitablement une interférence en certaines occasions et il existe par conséquent un recouvrement significatif entre les répartitions des niveaux de perturbation et d'immunité. Les niveaux de planification sont généralement égaux ou inférieurs au niveau de compatibilité; ils font l'objet de spécifications de la part de l'exploitant du réseau. Les niveaux d'essai d'immunité sont spécifiés par des normes spécifiques ou peuvent également être décidés conjointement par les constructeurs et les utilisateurs.

Sur la plupart des points du réseau d'alimentation, (la figure 2 n'est qu'un exemple), il n'y a pas ou il y a très peu de recouvrement entre les distributions des niveaux de perturbation et d'immunité; le risque d'interférence est alors mineur et les équipements fonctionnent correctement.

Niveaux d'émission

Le niveau d'émission d'une charge fluctuante est le niveau de flicker qui serait causé par la charge sur le réseau s'il n'y avait pas d'autre charge fluctuante. Afin de comparer l'émission de flicker de l'ensemble de la charge de l'utilisateur aux limites d'émission, il convient que la période minimale de mesure soit d'une semaine. Les fonctions de probabilité cumulée (CPF) du P_{sti} et P_{lti} sont obtenues à partir des valeurs de P_{st} mesurées durant la période d'observation et les quantités $P_{st99\%}$ et $P_{lt99\%}$ en sont déduits:

- Il est souhaitable que le $P_{st99\%i}$ ne dépasse pas la limite d'émission E_{psti} ;
- Il est souhaitable que le $P_{lt99\%i}$ ne dépasse pas la limite d'émission E_{Plti} .

Figures 1 and 2 illustrate the basic concepts described above. They are intended to emphasize the most important relationships between the basic variables.

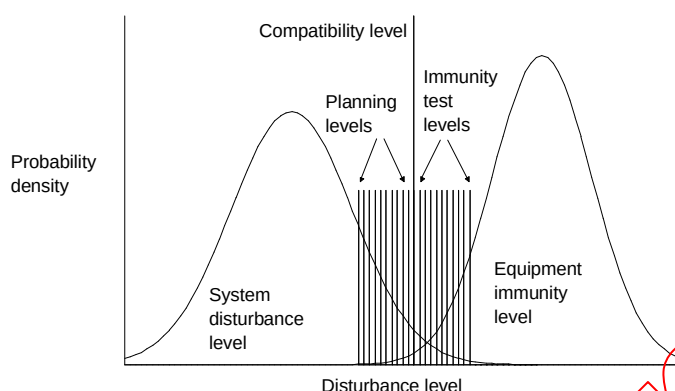


Figure 1 – Illustration of basic voltage quality concepts with time/location statistics covering the whole system

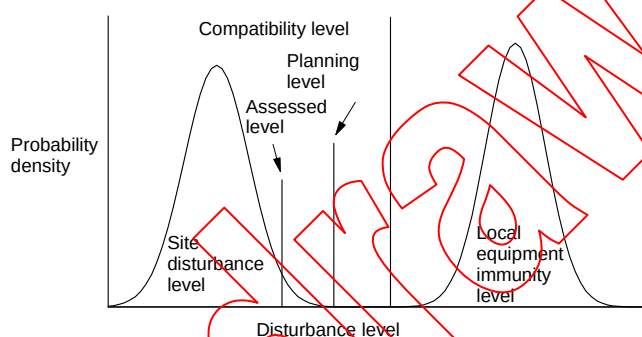


Figure 2 – Illustration of basic voltage quality concepts with time statistics relevant to one site within the whole system

In the whole power system (see figure 1), interference inevitably occurs on some occasions and therefore there is significant overlapping between the distributions of disturbance and immunity levels. Planning levels are generally equal to or lower than the compatibility level; they are specified by the owner of the network. Immunity test levels are specified by relevant standards or agreed upon between manufacturers and users.

At most locations in the power system (figure 2 is just an example), there is no overlap or only a small overlap of disturbance and immunity level distributions; interference is therefore minor and equipment functions satisfactorily.

Emission levels

The emission level from a fluctuating load is the flicker level which would be produced in the power system if no other fluctuating load was present. In order to compare the consumer's total load flicker emission with the emission limits, the minimum measurement period should be one week. From the P_{st} values measured during the observation period, the Cumulative Probability Functions (CPF) of P_{sti} and P_{lti} should be obtained and the percentiles $P_{st99\%i}$ and $P_{lt99\%i}$ should be derived:

- $P_{st99\%i}$ should not exceed the emission limit E_{Psti} ;
- $P_{lt99\%i}$ should not exceed the emission limit E_{Plti} .

En pratique, ces limites d'émission sont généralement évaluées à partir des données disponibles sur la charge et sur le réseau; leur mesure directe est cependant possible.

Dans le cas d'une faible perturbation préexistante, ($P_{st} \leq 0,5$), le niveau de flicker au PCC peut être mesuré dans les deux conditions suivantes:

- avec la charge fluctuante de l'utilisateur connectée
- avec la charge fluctuante de l'utilisateur déconnectée (l'équipement de compensation de l'utilisateur, s'il existe, étant déconnecté).

Il convient de soustraire la deuxième mesure de flicker de la première en utilisant la loi cubique de sommation (voir article 6): ce résultat donne l'émission de flicker conventionnelle de l'utilisateur:

Quand le niveau de P_{st} préexistant au PCC est supérieur à 0,5, comme la méthode précédente peut conduire à de grosses erreurs, il convient d'employer une méthode plus fine. Par exemple, l'émission de flicker par l'utilisateur peut être évaluée en injectant le courant absorbé par l'utilisateur à travers un modèle de l'impédance du réseau électrique. D'autres méthodes sont possibles. Un autre rapport technique sur ce sujet est à l'étude.

4 Principes généraux

L'approche proposée pour évaluer l'acceptabilité de charges déformantes dépend de la puissance souscrite par l'utilisateur, de la puissance du matériel produisant des harmoniques et des caractéristiques du réseau. L'objectif est la limitation de l'injection, en provenance de la charge totale des utilisateurs individuels, à des niveaux n'entraînant pas des niveaux de flicker supérieurs aux niveaux de planification. On définit trois stades d'évaluation que l'on peut utiliser de manière séquentielle ou indépendante.

Stade 1: évaluation simplifiée de l'émission de perturbation

On admet généralement que les utilisateurs installent de petits appareils sans évaluation spécifique de l'émission de flicker par le distributeur d'énergie. Les fabricants de tels appareils sont généralement responsables de la limitation des émissions. Par exemple, la CEI 1000-3-3 est une norme de famille de produits qui définit les limites d'émission de flicker pour des équipements raccordés aux réseaux BT. Il n'existe usuellement pas de norme d'émission concernant les équipements MT pour les raisons suivantes:

- la moyenne tension va de 1 kV à 35 kV;
- aucune impédance de référence n'a été définie de manière internationale pour les réseaux moyenne tension.

Même en l'absence d'une impédance de référence, on peut définir des critères d'acceptation quasi automatique des utilisateurs sur le réseau MT (et même sur le réseau HT). Si l'ensemble de la charge fluctuante ou la puissance souscrite de l'utilisateur est petite comparée à la puissance de court-circuit au PCC, il peut être inutile de faire une analyse détaillée.

L'article 6 développe des critères particuliers pour l'application du stade 1.

In practice, these emission levels are generally assessed from the available data concerning the load and the system; their direct measurement is however possible.

In the case of a low background disturbance ($P_{st} \leq 0,5$) the flicker level at the PCC should be measured for the following two conditions:

- with the fluctuating load of the consumer connected;
- with the fluctuating load and any compensating equipment of the consumer disconnected.

The second flicker value should be subtracted from the first one using the cubic summation law (see clause 6). This method gives the conventional flicker emission of the user:

When the existing P_{st} level at the PCC is higher than 0,5, a more refined method should be used, as the previous method can lead to gross errors. For example, the net flicker emission of the user can be evaluated by simulating the injection of the consumer's load current into a model of the supply system. Several other methods are possible. Another technical report on this subject is under consideration.

4 General principles

The proposed approach for evaluating the acceptability of fluctuating loads depends on the agreed power of the consumer, the power of the flicker-generating equipment, and the system characteristics. The objective is to limit the injection from the total load of individual consumers to levels that will not result in flicker levels that exceed the planning levels. Three stages of evaluation are defined, which may be used in sequence or independently.

Stage 1: simplified evaluation of disturbance emission

It is generally acceptable for consumers to install small appliances without specific evaluation of flicker emission by the supply company. Manufacturers of such appliances are generally responsible for limiting the emissions. For instance, IEC 1000-3-3 is a product family standard which defines emission limits of flicker for equipment connected to LV systems. There are currently no emission standards for MV equipment for the following reasons:

- medium voltage varies between 1 kV and 35 kV;
- no reference impedance has been internationally defined for medium-voltage systems.

Even without a reference impedance, it is possible to define criteria for quasi-automatic acceptance of consumers on the MV system (and even HV system). If the total fluctuating load, or the consumer's agreed power, is small relative to the short-circuit capacity at the PCC, it should not be necessary to carry out detailed evaluation.

In clause 6, specific criteria are developed for applying stage 1 evaluation.

Stade 2: limites d'émission proportionnelles à la puissance souscrite de l'utilisateur

Si une charge ne satisfait pas aux critères du stade 1, il convient d'évaluer les caractéristiques particulières du matériel générateur de fluctuations en même temps que la capacité d'absorption du réseau. La capacité d'absorption du réseau est liée aux niveaux de planification et est partagée entre les utilisateurs individuels en fonction de leur puissance rapportée à la puissance totale disponible du réseau. Au niveau moyenne tension, on doit également tenir compte du niveau de perturbation provenant des réseaux à tension plus élevée lors de la répartition des niveaux de planification aux utilisateurs individuels.

Par principe, dans une telle approche, si le réseau est à pleine charge et si tous les consommateurs injectent à raison de leurs limites individuelles, le niveau total des perturbations est égal au niveau de planification. L'article 7 décrit une procédure de partage du niveau de planification entre les utilisateurs individuels.

Stade 3: acceptation de niveaux plus élevés sur une base exceptionnelle et précaire

Dans des cas particuliers, un utilisateur peut souhaiter pouvoir émettre des perturbations au delà des limites de base (stade 2). L'utilisateur et le distributeur peuvent décider d'un raccordement dans des conditions particulières, ce qui rendra nécessaire une étude précise des caractéristiques actuelles et futures du réseau afin de déterminer ces conditions particulières.

NOTE – Les limites d'émission obtenues par l'application des méthodes recommandées aux articles 6 et 7 sont conçues pour limiter les niveaux de flicker au dessous des niveaux de planification. L'application d'autres méthodes recommandées à l'article 8 est destinée à limiter l'amplitude des variations rapides de tension.

Responsabilités

L'utilisateur est responsable du maintien des émissions qu'il produit au PCC en dessous des limites spécifiées par le distributeur. Le distributeur est responsable du contrôle global des niveaux de perturbation sous les conditions normales d'exploitation, conformément aux règles nationales.

Le distributeur doit fournir les caractéristiques du réseau qui permettent les évaluations nécessaires. La procédure d'évaluation (voir figure 3) est conçue de manière à ce que les émissions de flicker provenant des utilisateurs ne provoquent pas de dépassement des niveaux de planification et de compatibilité de l'ensemble du réseau. Toutefois, on ne garantit pas que l'approche recommandée évitera dans tous les cas le dépassement de ces niveaux.

Enfin, il convient que le distributeur et l'utilisateur coopèrent lorsque cela est nécessaire pour identifier la méthode optimale permettant de réduire les émissions. L'étude et le choix liés à la méthode demeurent de la responsabilité de l'utilisateur.

Stage 2: emission limits proportional to the agreed power of the consumer

If a load does not meet stage 1 criteria, the specific characteristics of the flicker generating equipment should be evaluated along with the absorption capacity of the system. The absorption capacity of the system is derived from the planning levels and is apportioned to individual consumers according to their demand with respect to the total system capacity. At medium voltage, the disturbance level derived from higher voltage systems should also be considered when apportioning the planning levels to individual consumers.

The principle of this approach is that, if the system is fully loaded and all consumers are injecting up to their individual limits, the total disturbance levels will be equal to the planning levels. A procedure for apportioning the planning levels to individual consumers is outlined in clause 7.

Stage 3: acceptance of higher emission levels on an exceptional and precarious basis

Under special circumstances, a consumer may require to emit more disturbances beyond the basic limits (stage 2) allowed. The parties concerned, i.e. consumer and utility may agree on the connection with special conditions and a careful study of the actual and future system characteristics has to be carried out in order to determine these special conditions.

NOTE – Emission limits obtained from the application of the methods recommended in clauses 6 and 7 are intended to keep flicker levels below the planning levels. The application of other methods recommended in clause 8 is intended to limit the magnitude of rapid voltage change.

Responsibilities

The consumer is responsible for maintaining his emissions at the PCC below the limits specified by the utility. The utility is responsible for the overall control of disturbance levels under normal operating conditions in accordance with national requirements.

The utility has to provide network data for evaluation purposes. The evaluation procedure (see figure 3) is designed in such a way that the flicker emissions from the consumers do not cause the overall system flicker levels to exceed the planning and compatibility levels. However, there is no guarantee that the recommended approach will always avoid exceeding the levels.

Finally, the utility and consumer should cooperate when necessary in the identification of the optimum method to reduce emissions. The design and choice of method for such reduction are the responsibility of the consumer.

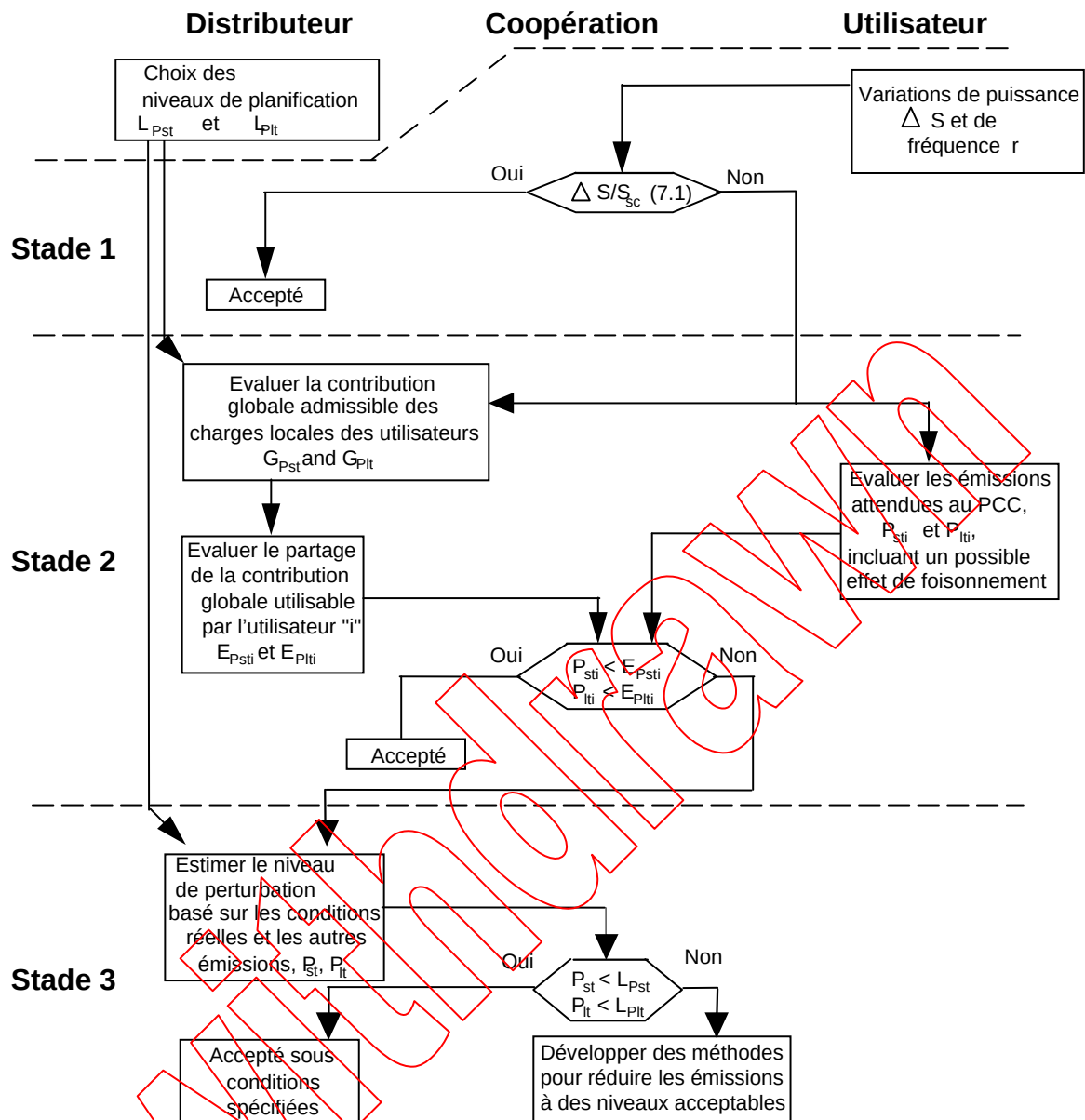


Figure 3 – Diagramme de la procédure d'évaluation

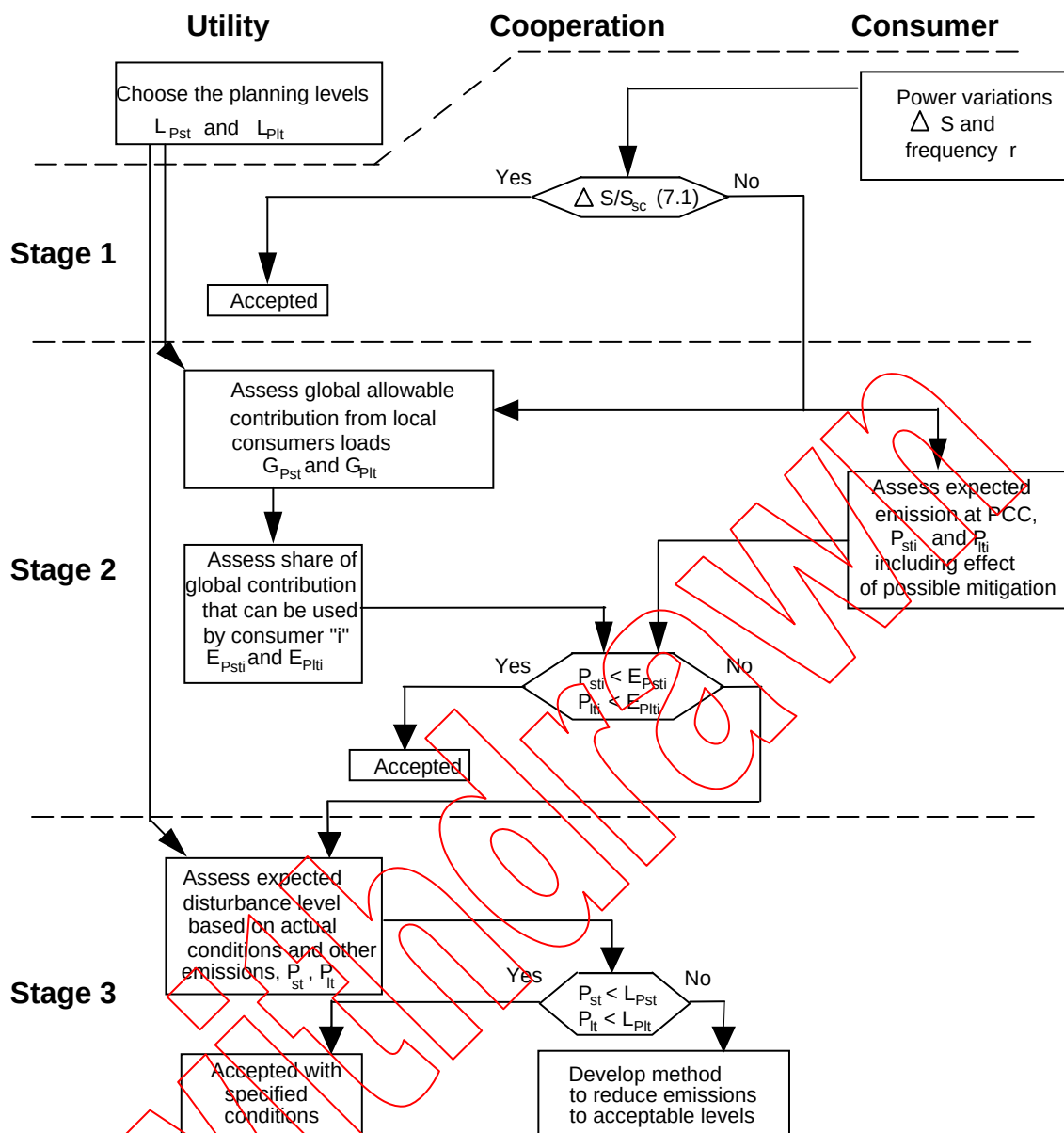
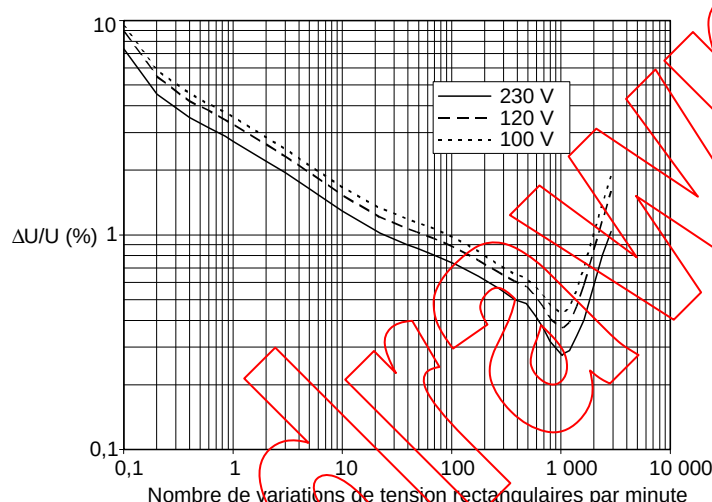


Figure 3 – Diagram of evaluation procedure

5 Méthode générale d'évaluation des niveaux d'émission

Il convient que le calcul anticipé des niveaux de fluctuation représente le pire cas dans des conditions de service normales, en autorisant la production journalière et saisonnière ainsi que des variations de charge en vue de futures extensions ou modifications du réseau et de certaines conditions d'indisponibilités programmées susceptibles de durer longtemps. On trouvera des indications plus détaillées concernant le calcul des niveaux d'émission dans l'alimentation électrique des installations industrielles dans une autre publication de la CEI [1]¹⁾.

Cependant, des méthodes simplifiées de prédétermination du niveau de flicker sont données dans le présent rapport (voir annexe A). Ils sont fondés sur la courbe « $P_{st} = 1$ » (figure 4 et tableau 3), qui est valide pour les variations de tension rectangulaires et qui présente des valeurs légèrement différentes selon la tension du réseau de distribution BT considéré [2].



NOTE – Deux variations de tension consécutives (une positive et une négative) constituent un cycle. Ainsi, 1 Hz correspond à deux variations par seconde.

Figure 4 – Courbe $P_{st} = 1$ pour des variations de tension rectangulaires

¹⁾ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie (annexe E).