

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
827**

Première édition
First edition
1985-01

**Guide relatif aux limites des fluctuations de
tension dues aux appareils électrodomestiques**
(en rapport avec la Publication 555-3 de la CEI)

**Guide to voltage fluctuation limits
for household appliances**
(relating to IEC Publication 555-3)



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 827: 1985

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications 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.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

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 in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
827**

Première édition
First edition
1985-01

**Guide relatif aux limites des fluctuations de
tension dues aux appareils électrodomestiques**
(en rapport avec la Publication 555-3 de la CEI)

**Guide to voltage fluctuation limits
for household appliances**
(relating to IEC Publication 555-3)

© IEC 1985 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 photo-
copie 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Nécessité de fixer des limites aux fluctuations de tension	6
3. Commentaires sur la Norme	6
Article 1. Domaine d'application	6
Article 2. Objet	8
Article 3. Définitions	8
Article 4. Types de formes d'onde des fluctuations de tension	8
Article 5. Conditions d'essai	8
Article 6. Evaluation des fluctuations de tension	10
FIGURE	20
ANNEXE A — Calcul et mesure	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. The need for voltage fluctuation limits	7
3. Commentary on the Standard	7
Clause 1. Scope	7
Clause 2. Object	9
Clause 3. Definitions	9
Clause 4. Types of voltage fluctuation waveform	9
Clause 5. Test conditions	9
Clause 6. Assessment of voltage fluctuations	11
FIGURE	20
APPENDIX A — Calculation and measurement	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE RELATIF AUX LIMITES DES FLUCTUATIONS DE TENSION
DUES AUX APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES****(en rapport avec la Publication 555-3 de la CEI)**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
77A(BC)2	77A(BC)6

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent rapport:

- Publications n° 555-3 (1982): Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électrodomestiques et les équipements analogues, Troisième partie: Fluctuations de tension.
- 723 (1981): Considérations sur les impédances de référence à utiliser pour la détermination des caractéristiques de perturbation des appareils électrodomestiques et les équipements analogues.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE TO VOLTAGE FLUCTUATION LIMITS
FOR HOUSEHOLD APPLIANCES****(relating to IEC Publication 555-3)**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 77: Electromagnetic Compatibility between Electrical Equipment including Networks.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
77A(CO)2	77A(CO)6

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this report:

- Publication Nos. 555-3 (1982): Disturbances in Supply Systems Caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment, Part 3: Voltage Fluctuations.
725 (1981): Considerations on Reference Impedances for Use in Determining the Disturbance Characteristics of Household Appliances and Similar Electrical Equipment.

GUIDE RELATIF AUX LIMITES DES FLUCTUATIONS DE TENSION DUES AUX APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES

(en rapport avec la Publication 555-3 de la CEI)

1. Introduction

La Publication 555-3 de la CEI: Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électrodomestiques et les équipements analogues, Troisième partie: Fluctuations de tension — appelée «Norme» dans la suite du texte — indique les limites des fluctuations de tension qu'un appareil électrodomestique pris individuellement peut produire et elle fournit les méthodes d'essai et de calcul. Le but du présent rapport est d'expliquer comment ces limites et méthodes d'essai ont été développées afin d'aider à comprendre la Norme et la façon de l'appliquer. Après une analyse de la nécessité de fixer des limites aux fluctuations de tension, le présent rapport décrit les bases de chacun des articles de la Norme.

2. Nécessité de fixer des limites aux fluctuations de tension

Les variations du courant demandé à un réseau de distribution d'énergie électrique par les charges fluctuantes entraînent des fluctuations de la tension du réseau d'alimentation. Lorsque la charge dont il s'agit est celle d'un gros consommateur, l'importance des fluctuations de tension peut être limitée par divers moyens, dont:

- le renforcement du réseau de distribution d'énergie électrique;
- la modification des caractéristiques de la charge fluctuante;
- le refus par la société distributrice d'énergie électrique d'accepter certaines charges qui provoquent des fluctuations inacceptables de la tension du réseau d'alimentation.

Toutefois, dans le cas des appareils électrodomestiques, les propriétaires de ces derniers s'attendent à pouvoir acheter l'appareil qu'ils désirent et à pouvoir l'utiliser sur un réseau de distribution électrique quelconque sans avoir à encourir d'autres frais. Aucun des moyens de limitation des fluctuations de tension décrits ci-dessus n'est, par conséquent, applicable. La seule possibilité est que les constructeurs d'appareils électrodomestiques les étudient de façon à satisfaire les exigences de leurs utilisateurs. La Norme est, par conséquent, destinée à être appliquée par les fabricants qui conçoivent des appareils électrodomestiques.

3. Commentaires sur la Norme

Article 1. *Domaine d'application*

Il a été décidé, dès le départ, que la Norme s'appliquerait aux appareils et équipements dotés d'une commande automatique d'un type quelconque mais ne s'appliquerait pas aux appareils à commutation manuelle. Afin d'éviter toute distinction illogique, toutes les perturbations provoquées par une commutation manuelle, par exemple lors de la première mise sous tension, soit manuellement, soit par un commutateur horaire, d'un appareil commandé automatiquement, sont exclues du domaine d'application de la Norme.

L'emploi du mot «équipement» en sus du mot «appareil» a été décidé afin qu'il soit clair que les équipements, tels que les variateurs d'intensité d'éclairage, qui ne sont habituellement pas considérés comme des appareils, soient compris dans le domaine d'application de la Norme. Le mot «appareil» doit, lorsqu'il est utilisé dans le présent rapport, être entendu comme englobant le mot «équipement».

GUIDE TO VOLTAGE FLUCTUATION LIMITS FOR HOUSEHOLD APPLIANCES

(relating to IEC Publication 555-3)

1. Introduction

IEC Publication 555-3: Disturbances in Supply Systems Caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment, Part 3: Voltage Fluctuations — called “Standard” throughout the text — specifies limits for the voltage fluctuations that may be produced by an individual appliance and gives methods of test and calculation. The purpose of this report is to explain the way in which the limits and test methods were developed so as to help understanding of the Standard and the way in which it should be used. After reviewing the need for voltage fluctuation limits, the background to each of the clauses in the Standard is presented.

2. The need for voltage fluctuation limits

The changing current drawn by fluctuating loads on a power system causes fluctuations of the supply voltage. When the load is that of a large consumer the amount of voltage fluctuation can be limited by various means including:

- reinforcing the supply system;
- modifying the characteristics of the fluctuating load;
- refusal by the distribution undertaking to accept certain loads which produce unacceptable fluctuations of the supply voltage.

In the case of household appliances, however, the owner expects to be able to buy any appliance that he wishes and to use it on any electricity supply without further expense. Hence, none of the above means of limiting voltage fluctuation is possible. The only possibility is for the manufacturers to adopt a suitable design to meet their users' requirements. The Standard is, therefore, for use by manufacturers designing household appliances.

3. Commentary on the Standard

Clause 1. *Scope*

It was decided at the outset that the Standard should apply to appliances and equipment with automatic control of any sort but not to manually switched appliances. To avoid an illogical distinction, all disturbances caused by manual switching, for instance when first switching on an automatically controlled device, either manually or by time switch, are excluded from the scope.

The use of the word “equipment” in addition to “appliances” was adopted to make it clear that equipment, such as lamp dimmers, which is not usually classed as an appliance, is within the scope of the Standard. In this report the word “appliance” should be taken to include “equipment”.

Il a été admis que certains équipements de forte puissance pourraient soit faire l'objet, avant leur branchement, d'une approbation expresse de la société distributrice d'énergie électrique, soit être d'un type qui ne puisse être utilisé sur des réseaux à haute impédance. Il a été prévu que les sociétés de distribution d'électricité aient le droit de fixer leurs propres conditions d'acceptation de telles charges. La rédaction du texte explicite clairement le fait que ces entreprises de distribution peuvent fixer des conditions moins sévères que celles qui sont prévues par la Norme, pour les appareils à forte puissance, tandis que rien n'est prévu pour fixer des limites plus sévères pour un appareil ou un équipement quelconque.

Article 2. *Objet*

La Norme indique les limites des fluctuations de tension que les appareils électrodomestiques peuvent provoquer dans des conditions particulières d'essai.

Il importe que ces limites ne soient considérées ni comme un critère de qualité de l'alimentation en énergie électrique, ni comme un niveau d'immunité des équipements sensibles (aux fluctuations de tension) en général. La note figurant à la fin de l'article insiste d'ailleurs sur ce point.

Article 3. *Définitions*

Les définitions devraient, évidemment, se suffire à elles-mêmes. Il est toutefois important de noter que les limites sont fixées en termes de nombre de variations de tension par unité de temps et qu'un cycle de fonctionnement entraîne habituellement deux variations de tension ou plus.

Article 4. *Types de formes d'onde des fluctuations de tension*

La classification en types de *a)* à *d)* correspond à la difficulté croissante que présente l'évaluation de l'importance des variations, comme il est explicité ci-dessous. Dans des cas simples, tels que celui des dispositifs résistifs à commande marche/arrêt, on peut habituellement déterminer par calcul l'importance de la fluctuation. Dans des cas plus complexes, tels que celui d'équipements électriques de soudage, il s'avère nécessaire de procéder à la mesure de la fluctuation de tension ou à la mesure directe du flicker.

La durée de 30 ms, au cours de laquelle deux variations de tension dans le même sens ne sont considérées que comme une seule et même variation, a été choisie sur la base de travaux qui ont montré que l'œil ne distingue pas l'une de l'autre deux variations qui se produisent dans ce laps de temps.

Article 5. *Conditions d'essai*

Il est précisé que la conformité à la Norme doit être contrôlée par un essai de type et que chaque appareil ne doit pas être soumis individuellement aux essais de contrôle.

Paragraphe 5.1 *Appareil*

Il est clairement apparu, s'agissant de certains appareils comportant plusieurs circuits à commande distincte (cuisinière électrique, par exemple) qu'en utilisation normale, les circuits commandés de façon indépendante étaient rarement utilisés ensemble et ne se trouvaient pratiquement jamais simultanément sur leur position de réglage la plus défavorable. S'ils étaient essayés dans les conditions les plus défavorables, ils ne pourraient certainement pas satisfaire aux limites proposées pour les fluctuations de tension. Il a par conséquent été admis que ces circuits indépendants pouvaient être considérés comme des appareils distincts. Toutefois, il est apparu évident que le développement prévisible de dispositifs de commande électronique de type circuits intégrés entraînerait l'utilisation de dispositifs de commande multicanaux pour assurer la commutation de plusieurs circuits. Dans le cas où plusieurs circuits seraient simultanément mis sous ou hors tension, il en résulterait des variations de tension inacceptables. C'est pourquoi des restrictions ont été apportées aux conditions dans lesquelles plusieurs circuits, à dispositif de commande centralisé, pourront être considérés comme circuits à commande individuelle.

It was recognized that some high power equipment would either require specific approval of the supply authority before connection or would be of a type that was not suitable for use on high-impedance systems. Provision has been made for the supply authority to specify its own conditions for acceptance of such loads. The wording is chosen to make it clear that supply authorities may relax the conditions of the Standard for high power appliances but there is no provision for them to require a more onerous limit for any appliance or equipment.

Clause 2. *Object*

The Standard specifies limits of voltage fluctuation that may be produced by household appliances under particular test conditions.

It is most important that this limit should not be regarded either as an acceptable quality of supply or an immunity level for sensitive equipment in general. This point is emphasized by the note at the end of the clause.

Clause 3. *Definitions*

The definitions should, of course, be self-explanatory. It is, however, important to note that the limits are set in terms of the rate of occurrence of voltage changes and that a cycle of operation will usually produce two or more voltage changes.

Clause 4. *Types of voltage fluctuation waveform*

The classification in types from *a*) to *d*) represents increasing difficulty in assessment, as discussed below. In simple cases, for instance resistive devices with on-off controls, it is usually possible to assess the fluctuation by calculation. In more complex cases, such as when assessing electric welding equipment, measurement of the voltage fluctuation or direct flicker measurement will be necessary.

The period of 30 ms, within which two voltage changes in the same direction are regarded as a single change, was chosen on the basis of work that showed that the eye does not distinguish separate changes when they occur within that time.

Clause 5. *Test conditions*

It is made clear that compliance with the Standard is proved by a type test and that appliances should not be subjected to individual testing.

Sub-clause 5.1 *Appliance*

For some appliances with several separately controlled circuits (for example electric cookers), it was clear that in normal use the separately controlled circuits were seldom in use together and hardly ever simultaneously on the most unfavourable setting. If they were tested under the most unfavourable conditions they would certainly not be able to comply with the proposed voltage fluctuation limits. It was therefore agreed that the independent circuits could be considered as separate appliances. However, it was apparent that a likely development of solid state electronic controllers would be to use a multi-channel controller to switch several circuits. If several circuits were switched on or off simultaneously, unacceptable voltage changes would be caused. It was to avoid this that restrictions were placed on the conditions under which several circuits with a central controller could be considered as separately controlled.

Paragraphe 5.2 *Alimentation*

Paragraphe 5.2.1 *Tension*

Les détails des méthodes de mesure seront analysés en relation avec l'annexe A.

Paragraphe 5.2.2 *Impédance de référence*

Les considérations ayant conduit au choix de l'impédance de référence sont décrites en détail dans la Publication 725 de la CEI: Considérations sur les impédances de référence à utiliser pour la détermination des caractéristiques de perturbation des appareils électrodomestiques et les équipements analogues.

Paragraphe 5.2.2.1 *Réseaux triphasés à quatre conducteurs*

La répartition de l'impédance totale de référence entre les composantes phase et neutre a été établie sur la base des informations fournies par divers pays.

Paragraphe 5.2.2.2 *Réseaux monophasés à deux conducteurs*

L'impédance de référence est égale à la somme des impédances de la phase et du neutre pour les réseaux triphasés. Les appareils monophasés et triphasés sont, par conséquent, soumis au contrôle dans des conditions équivalentes.

Paragraphe 5.2.2.3 *Réseaux monophasés à trois conducteurs*

Dans ce cas, l'impédance de référence est représentée comme étant à l'étude. Une difficulté surgirait si l'impédance de référence pour les appareils alimentés par ces réseaux à une tension de 230 V était fixée à une quelconque valeur autre que celle indiquée au paragraphe 5.2.2.2, il y aurait alors deux types d'appareils de tension assignée 230 V soumis à des limitations différentes en matière de perturbations.

Paragraphe 5.3 *Période d'observation*

La signification de la période d'observation devient plus claire lorsqu'on aborde l'évaluation des fluctuations de tension. Il était nécessaire, dans la rédaction de ce paragraphe, de définir les conditions d'évaluation des fluctuations de tension pour une large gamme d'appareils présentant, par exemple, de très courts ou de très longs cycles de fonctionnement avec des variations de tension fréquentes ou rares, et avec des cycles de variation réguliers ou irréguliers. Le paragraphe 6.2.2 fournit d'autres informations à ce propos.

Article 6. *Evaluation des fluctuations de tension*

L'exigence consistant à vérifier la conformité à la Norme en utilisant la valeur efficace des variations de tension est importante. Lorsqu'un appareil est mis en marche ou arrêté en des points différents de la période de l'onde, comme c'est le cas pour commander le démarrage d'un moteur, la tension efficace qui affecte l'éclairage dispensé par une ampoule à filament varie, bien que la tension de crête qui pourrait être affichée sur un oscillographe à grande échelle puisse rester inchangée.

Le tableau I résume les méthodes de détermination des fluctuations de tension et distingue les cas où la distorsion du courant est relativement faible, moins de 5% de distorsion harmonique totale, et les cas où la distorsion du courant de charge est loin d'être négligeable. En effet, dans le cas d'un courant affecté d'une distorsion négligeable, on peut soit utiliser la tension de crête ou la tension efficace, soit calculer les variations de tension en connaissant le courant et son angle de phase. Par contre, dans le cas de courants à forte distorsion, il faut utiliser pour le calcul des variations de tension, l'amplitude et l'angle de phase de la composante fondamentale du courant. Ces derniers peuvent être obtenus à partir de mesures de puissance ou à l'aide d'une analyse harmonique.

Sub-clause 5.2 *Supply*

Sub-clause 5.2.1 *Voltage*

Details of methods of measurement will be discussed in relation to Appendix A.

Sub-clause 5.2.2 *Reference impedance*

The considerations affecting the choice of the reference impedance are fully described in IEC Publication 725: Considerations on Reference Impedances for Use in Determining the Disturbance Characteristics of Household Appliances and Similar Electrical Equipment.

Sub-clause 5.2.2.1 *Three-phase, four-wire supplies*

The separation of the total reference impedance into phase and neutral components was established on the basis of information presented by various countries.

Sub-clause 5.2.2.2 *Single-phase two-wire supplies*

The reference impedance is equal to the sum of the phase and neutral impedances for three-phase supplies. Single-phase and three-phase appliances are, therefore, assessed under equivalent conditions.

Sub-clause 5.2.2.3 *Single-phase three-wire supplies*

The reference impedance for these is shown as under consideration. One difficulty was that, if a reference impedance for 230 V appliances on these supplies were set at any value other than that given in Sub-clause 5.2.2.2, there would exist two sorts of appliances rated at 230 V but effectively conforming to different disturbance limits.

Sub-clause 5.3 *Observation period*

The significance of the observation period becomes clearer in relation to the assessment of voltage fluctuation. The requirement that had to be met in drafting this sub-clause was to specify conditions for assessing the voltage fluctuation for a wide range of appliances having, for instance, very short or very long operating cycles with frequent or infrequent voltage changes and with regular or irregular cycles of changes. Further information is given in Sub-clause 6.2.2.

Clause 6. *Assessment of voltage fluctuations*

The requirement that compliance with the Standard is checked by finding the changes in r.m.s. voltage is important. When an appliance is switched at different points on the wave, for instance to control the starting of a motor, the r.m.s. voltage which influences the light output from a filament lamp varies, although the peak voltage, which would be displayed on an expanded oscillograph trace may be unaffected.

Table I summarizes the assessment methods and distinguishes between the case where the current is relatively undistorted, having a total harmonic distortion of less than 5%, and the case where the load current is significantly distorted. The difference is that with undistorted current either peak or r.m.s. voltages may be used or the voltage changes can be calculated from a knowledge of the current and its phase angle. For very distorted currents the amplitude and phase angle of the fundamental must be used to calculate the voltage changes. These may be found by power measurements or by using a suitable type of harmonic analyzer.

Paragraphe 6.1 *Mesure directe du flicker*

Cette mesure directe nécessite l'emploi d'un appareil de mesure du flicker: un flickermètre. Un flickermètre agréé internationalement a été développé par l'Union Internationale d'Electrothermie. La méthode de mesure du flicker provoqué par les appareils électrodomestiques au moyen de cet instrument n'avait pas été agréée avant la publication de la Norme. Son application au démarrage des moteurs sera décrite au paragraphe 6.3.

Paragraphe 6.2 *Evaluation analytique*

Paragraphe 6.2.1 *Fluctuations de tension de type a)*

Ces fluctuations qui, comme il est défini à l'article 4 de la Norme, sont constituées de variations de tension périodiques, rectangulaires, d'amplitude égale, constituent le cas d'évaluation le plus facile.

La méthode permettant de trouver l'amplitude des variations est clairement spécifiée et la conformité à la Norme est déterminée en se référant à la figure 4a de la Norme. Cette courbe limite est de loin la partie la plus souvent citée de la Norme. On peut la considérer comme constituée de deux parties:

- la partie droite, au-dessus de 12 variations par minute, a été établie à partir d'essais de perception en laboratoire;
- la partie gauche, au-dessous de 12 variations par minute, est fondée sur l'expérience des entreprises de distribution d'électricité.

La perception du flicker est fonction tant de la source d'éclairage que de la sensibilité personnelle de l'observateur, de ses activités et de son environnement. Lors des observations utilisées comme base pour la figure 4, la source lumineuse était une lampe à incandescence de 230 V, 60 W, qui avait été jugée représentative des lampes utilisées par la majorité des consommateurs d'électricité. La tension du réseau d'alimentation était modulée par des fluctuations de tension, de forme rectangulaire, à des fréquences de répétition données, l'intervalle entre les variations étant constant. Tous les observateurs se livraient à la même activité, la lecture. Il a été tenu compte du fait que les sensibilités individuelles étaient différentes en faisant participer 80 observateurs aux expériences et en choisissant pour la courbe les variations de tension ayant provoqué un flicker perceptible pour 80% des observateurs. Seul un petit nombre d'observateurs a trouvé le flicker inacceptable. Une longue expérience a montré que cette courbe était satisfaisante.

Les données ayant servi de base à la partie gauche de la courbe ont été obtenues à partir de l'expérience, acquise en France, des réclamations faites par des consommateurs raccordés au même réseau de distribution que des machines à souder et autres charges utilisatrices entraînant des variations rectangulaires de tension. L'entreprise de distribution d'énergie électrique ne reçoit de réclamations des usagers du réseau que lorsque les variations de tension sont supérieures à la limite indiquée par la courbe et n'en reçoit pas lorsque les variations de tension sont inférieures à cette limite. Les travaux originaux dont ont été tirées les données ayant servi de base à l'élaboration de la partie gauche de la courbe ont montré que la tolérance envers les variations de tension augmentait continuellement au fur et à mesure qu'augmentait l'intervalle de temps séparant lesdites variations. Il semble toutefois opportun de ne pas permettre que les appareils électrodomestiques, qui ne sont pas sujets à approbation ou agrément par l'organisme de distribution d'électricité, puissent individuellement apporter des variations de tension supérieures à 3%.

On pourrait objecter que l'emploi d'une courbe fondée sur la perception du flicker en laboratoire ou sur des réclamations d'utilisateurs d'un réseau de distribution d'électricité ne donne pas la possibilité de tenir compte de l'effet additionnel des fluctuations de tension dues à diverses sources. Cette courbe a toutefois été adoptée pour les raisons suivantes:

Sub-clause 6.1 *Direct flicker measurement*

Direct measurement needs the use of a flickermeter. An internationally agreed flickermeter has been developed by the International Union for Electroheat. The method of applying it to the flicker caused by household appliances had not been agreed before the Standard was first published. Its application to motor starting will be described in Sub-clause 6.3.

Sub-clause 6.2 *Analytical assessment*

Sub-clause 6.2.1 *Type a) voltage fluctuations*

Those fluctuations which, as defined in Clause 4 of the Standard, are made up of periodic rectangular voltage changes of equal magnitude, provide the easiest case for assessment.

The method of finding the magnitude of the change is clearly specified and compliance is assessed by reference to Figure 4a of the Standard. This limit curve is by far the most widely quoted part of the Standard. It may be considered as being made up of two parts:

- the right part, above 12 changes per minute, found from perception tests in a laboratory;
- the left part, below 12 changes per minute, based on network experience.

Perception of flicker is affected both by the light source, the inherent sensitivity of the observer and his activities and surroundings. In the observations used as the basis for Figure 4 the light source was a 230 V, 60 W, incandescent lamp, which was estimated to represent the majority of lamps used by consumers. The supply voltage was modulated by rectangular voltage changes at given repetition rates, the interval between the changes being constant. All the observers were carrying out the same activity, that of reading. The different sensitivities of different people were taken into account by testing 80 observers and choosing for the curve the voltage change that gave perceptible flicker for 80% of the observers. Only a few of the observers found this level unacceptable. Long experience has shown this curve to be satisfactory.

The data for the left part of the curve were obtained from experience in France of complaints from consumers connected to the same systems as welding machines and similar loads giving rectangular voltage changes. The distribution undertaking had complaints from users of the network only when the voltage changes exceeded the limit shown by the curve and no complaints for smaller voltage changes. The original work from which the left part of the curve was taken showed a continued increase in tolerance to voltage changes as the interval between them increased. It seemed, however, desirable not to allow voltage changes greater than 3% from individual household appliances that are not subject to approval or consent by the supply authority.

The objection may be raised that the use of a curve based on perceptibility of flicker in the laboratory or complaints on the system makes no allowance for the summation of voltage fluctuations from different sources. However, the curve was adopted for the following reasons:

- a) au cours des dernières années, cette courbe a été utilisée avec de bons résultats. On n'a connaissance d'aucune réclamation du fait de flicker intolérable dû à des appareils électrodomestiques qui respectaient cette courbe limite;
- b) la plupart des consommateurs alimentent leurs appareils à partir de réseaux à basse tension, ayant une impédance plus faible que l'impédance de référence;
- c) la courbe limite est valable pour les fréquences de commutation les plus défavorables d'un appareil. Pour la plupart des appareils, ces conditions défavorables n'existent que pour une certaine position des commandes et durant un temps limité;
- d) on prévoit généralement qu'un accroissement du nombre d'appareils équipés de dispositifs de contrôle automatique s'accompagnera d'un accroissement de la consommation totale, lié à une réduction de l'impédance du réseau de distribution;
- e) la gêne due au flicker est principalement ressentie pendant les heures où l'éclairage est utilisé, heures où l'on peut penser que seul un certain pourcentage d'appareils électrodomestiques est utilisé.

La probabilité d'effets intolérables dus à la combinaison de plusieurs appareils fonctionnant simultanément a par conséquent été jugée très faible.

Lorsque les variations de tension sont régulièrement réparties dans le temps, on peut penser en termes de nombre de variations par minute ou en termes d'intervalles de temps séparant les variations de tension. La figure 4b de la Norme est destinée à représenter, pour des intervalles de temps supérieurs à 0,06 s environ, la variation de tension admissible en fonction de l'intervalle de temps séparant les variations.

Lorsqu'on se réfère à une courbe, il existe toujours le risque d'une erreur de lecture des valeurs figurant en ordonnée ou en abscisse. Afin de réduire ce risque, le tableau II de la Publication 555-3 fournit une liste des valeurs d'ordonnées et d'abscisses, relatives aux figures 4a et 4b.

Paragraphe 6.2.2 *Fluctuations de tension de type b)*

Ces fluctuations de tension sont constituées d'une série de variations rectangulaires de tension (et/ou leurs équivalents) qui peuvent être d'amplitude égale ou différente et qui sont irrégulièrement distribuées dans le temps. La méthode adoptée pour évaluer de telles fluctuations est fondée sur la partie de la courbe limite, donnée dans la figure 4a de la Norme, qui concerne les fréquences de répétition inférieures à 1 000 variations de tension par minute. Pour l'utilisation pratique, cette partie de la courbe a été transformée sous forme de fonction du temps (figure 4b), indiquant pour une variation de tension donnée, caractérisée par son amplitude, l'intervalle de temps qu'il est nécessaire de respecter avant d'être autorisé à engendrer une nouvelle variation de tension. Pour cette analyse de fluctuations de tension, l'intervalle de temps prescrit est appelé «temps de mémoire» et n'a d'autre signification que de représenter le temps pendant lequel l'observateur se souvient de la dernière variation de tension qu'il a perçue.

La figure 4b de la Norme montre par exemple que, pour un intervalle de temps de 1 s entre deux variations consécutives de tension, on peut admettre une variation relative de 0,8%; inversement, on peut dire qu'une variation de tension de 0,8% sera acceptable à la condition qu'une autre variation de tension ne se produise pas dans la seconde qui suit. En outre, une nouvelle variation de tension d'une amplitude égale peut se produire en respectant la même condition, etc., ce qui dans ce cas correspond à une variation du type a) précédent (N_1 par seconde).

En supposant alors qu'une variation de tension de 0,65% apparaisse, cette dernière doit alors être suivie par un intervalle de temps de 0,35 s avant l'apparition de la variation de tension suivante.

- a) Good practical experience with this curve in recent years. No complaints have become known about intolerable flicker due to household appliances which comply with this limit curve.
- b) The vast majority of consumers operate their appliances on a low voltage system having an impedance that is smaller than the reference impedance.
- c) The limit curve is valid for the most unfavourable switching rate of an appliance. For most of the appliances, this unfavourable condition is only given for a certain control setting and for a restricted period of time.
- d) An increase in the number of controlled appliances is usually expected to be linked with an increase of total power consumption calling for a decrease of the network impedance.
- e) Flicker disturbances are relevant during lighting hours, when only a certain percentage of household appliances is expected to be used.

On this basis, the probability of intolerable summation effects was estimated to be very small.

When the voltage changes are equally spaced in time one may think either of the number of changes per minute or of the interval between changes. Figure 4b of the Standard is intended to show, for intervals greater than about 0.06 s, the allowable voltage change as a function of the interval between changes.

There is always a risk when referring to a curve that either the ordinate or abscissa value may be misread. To reduce the danger of this, Table II of Publication 555-3 lists ordinate and abscissa values for Figures 4a and 4b.

Sub-clause 6.2.2 *Type b) voltage fluctuations*

These voltage fluctuations are made up of a series of rectangular voltage changes (and/or their equivalents) that may be of equal or different magnitude and are irregularly spaced in time. The method adopted to assess such a fluctuation is based upon a logical consideration of that part of the limit curve given in Figure 4a of the Standard that covers repetition rates less than 1 000 voltage changes per minute. For practical use this part of the curve has been transformed into a function of time (Figure 4b), namely the interval which is needed after a specified voltage change (identified by its magnitude) before the next change can be accepted. For the analysis of the actual fluctuation the required interval is called "memory time" and has no other meaning than that it represents the time for which the previous voltage change was "remembered".

As an example, Figure 4b in the Standard shows that for an interval of 1 s between changes a relative voltage change of 0.8% can be allowed. Conversely, one may say that a voltage change of 0.8% will be acceptable provided that no further change takes place for 1 s. In addition a new voltage change of the same magnitude may occur following the same condition, etc., which in that case corresponds to the type a) fluctuation, given above (N_1 per second).

Suppose that a voltage change of 0.65% then occurs, this one must then be followed by an interval of 0.35 s before the next change.

Le dernier intervalle de temps peut ainsi être répété de telle sorte qu'une nouvelle série de N_2 variations de tension de même amplitude se produise. Cela correspond à un autre point sur la courbe originelle, figure 4a.

Ainsi, dans cet exemple, la «période d'observation» totale est:

$$[N_1 \cdot 1 + N_2 \cdot 0,35] \text{ secondes, ou plus généralement } (N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2)$$

Dans cet exemple, les intervalles de temps réels t_1 et t_2 ont été choisis de telle sorte qu'ils correspondent exactement aux «temps de mémoire» requis.

Le développement de cette méthode analytique a mis en évidence que N_1 et N_2 peuvent avoir des valeurs tout à fait arbitraires, incluant la valeur 1, et, de plus, qu'il est possible d'étendre ce type de fluctuation de tension en question à d'autres variations de tension N_3 , N_4 , etc. De cette façon, on arrive à la simple équation suivante qui caractérise l'ensemble de la «méthode analytique»:

$$\sum_{i=1}^n t_i \leq T$$

où:

T = période d'observation (voir ci-dessous)

t_i = «temps de mémoire» requis pour chaque variation de tension individuelle (voir figure 4b)

n = nombre total de variations de tension, beaucoup d'entre elles pouvant être de même amplitude en pratique

Il semble raisonnable de supposer que deux variations de tension qui surviennent à l'intérieur d'un intervalle de temps plus court que le temps de mémoire attribué par la première variation peuvent encore être acceptables s'il y a, après elles, une période de repos suffisante (espacement) qui compense leur effet de chevauchement.

En d'autres termes, s'il existe un temps total suffisant disponible pour les deux variations de tension, c'est-à-dire $t_1 + t_2 = 1 + 0,35 = 1,35$ s dans l'exemple élémentaire, il ne paraît pas raisonnable d'estimer cette partie de la fluctuation comme non acceptable, dans le cas où les variations de tension gardent leur amplitude mais changent de place à l'intérieur de ce temps total.

Ce concept caractérise une situation qui permet aux variations de tension d'être plus ou moins déplacées à partir des positions qui étaient données dans le modèle de base précédent, caractérisé par un non-recouvrement des temps de mémoire et par l'absence d'espacement correspondant entre les temps de mémoire t_i .

De ce fait, il a été décidé d'autoriser des recouvrements de temps de mémoire, en nombre arbitraire, pourvu que la somme des temps de mémoire requis dus aux variations de tension (selon la figure 4b) n'excède pas la période d'observation.

Dans un cas réel, un nombre réduit d'appareils peut fonctionner simultanément, chargeant le réseau basse tension en un point particulier de couplage commun. En ce point, les fluctuations ont une distribution de type aléatoire. La probabilité d'avoir des variations de tension en coïncidence est extrêmement faible.

Période d'observation

Il est nécessaire de fixer une limite à la période d'observation du fait que, si cette dernière était trop longue, il pourrait en résulter qu'un flicker sévère, engendré pendant d'assez longues périodes, soit considéré comme non gênant. Cela serait inacceptable, même dans le cas où, ensuite, il n'y aurait pas de flicker durant quelques heures.

La période d'observation ne doit, d'autre part, pas être trop courte; si la dernière variation de tension se produit tout à la fin de la période d'observation, le laps de temps exempt de variations de tension qui suit n'est pas pris en compte, de sorte que l'évaluation sera trop sévère. Une étude théorique a montré que l'erreur demeurerait acceptable (quelques pour-cent) lorsque la durée de la période d'observation n'est pas inférieure à 5 min.

The last interval may also be repeated so that a new series of N_2 voltage changes with the same magnitude takes place. This corresponds to another point on the original curve, Figure 4a.

Thus, the total “observation period” in this example is:

$$[N_1 \cdot 1 + N_2 \cdot 0.35] \text{ seconds, or generally } (N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2)$$

In this example the real times t_1 and t_2 have been chosen so that they just correspond to the required “memory times”.

During the development of this analytical method it was evident that N_1 and N_2 may have quite arbitrary values, including unity, and, in addition, it is possible to extend the present type of fluctuation to incorporate further voltage changes, N_3 , N_4 , etc. In this way we arrive at the following simple equation which features the whole “analytic method”:

$$\sum_{i=1}^n t_i \leq T$$

where:

T = observation period (see below)

t_i = required “memory time” for each individual voltage change (see Figure 4b)

n = total number of voltage changes, many of which may be of same magnitude in practice

It seems reasonable to suppose that two voltage changes that occur closer together than the memory time given by the first change may still be acceptable if there is a sufficient rest period (spacing) after them which compensates for the overlapping effect.

In other words, if there is sufficient total time available for the two changes, namely $t_1 + t_2 = 1 + 0.35 = 1.35$ s in the elementary example, it cannot seem reasonable to deem this part of the fluctuation as not acceptable in a case where the voltage changes keep their magnitudes but change places.

This concept features a situation which allows the voltage changes to be more or less displaced from the positions that were given in the above basic pattern, characterized by no overlappings of memory times and by the absence of corresponding spacings between the memory times t_i .

Hence it was decided to allow an arbitrary number of “overlappings” of memory times provided that the sum of required memory times due to the voltage changes (according to Figure 4b) did not exceed the observation period.

In a real case a few pieces of equipment may operate together, loading the LV system at an individual point of common coupling. There the fluctuations are distributed randomly. The probability of having coincidences of voltage changes is extremely low.

Observation period

A limit has to be set to the observation period since, if this were too long, severe flicker could be caused for quite long periods. This would be unacceptable, even if there were no flicker for some hours afterwards.

On the other hand the observation period must not be too short; if the last voltage change occurs at the very end of the period the following rest time is not taken into account, so that the assessment becomes too severe. A theoretical study showed that the error remains acceptable (a few per cent) if the observation period is not shorter than 5 min.

Le choix d'une durée de période d'observation a été fait sur la base des résultats d'une expérience portant sur 25 personnes. L'éclairage avec lequel ces personnes travaillaient était au départ constant (ou stable). On en provoqua ensuite le papillotement en modulant la tension d'alimentation au moyen de variations rectangulaires de 1% se produisant 1 000 fois par minute. Il fut demandé à chaque observateur d'indiquer le moment où le flicker devenait intolérable. La figure 1, page 20, du présent rapport illustre les résultats de cette expérience. Pour des variations de 1%, le temps de mémoire est de 2,26 s. La figure montre que 90% des observateurs ont toléré le flicker durant 27 s. Durant ce laps de temps, il s'était produit $27/60 \times 1\,000 = 450$ variations auxquelles correspond un temps total de mémoire à peine inférieur à 17 min. Cette expérience montre que, pour une fréquence de 1 000 variations de tension par minute, une durée d'observation de 15 min aboutit à des conditions jugées tolérables par plus de 90% d'observateurs.

Une gamme de durées d'observations comprises entre 5 min et 15 min a été choisie afin de s'adapter au temps d'utilisation, fort variable, des divers appareils.

Paragraphe 6.2.3 *Fluctuations de tension de type c)*

Ces fluctuations sont semblables à celles de type *b)* analysées ci-dessus, mais les variations de tension ne sont pas de forme rectangulaire. La lampe à incandescence et l'œil ayant tous deux tendance à intégrer les variations, la procédure adoptée consiste à remplacer chaque variation de tension par un échelon rectangulaire de même surface. Toutefois, lorsque la vitesse de variation est lente, le remplacement par un créneau donne un résultat pessimiste. Il est donc précisé que, lorsque cette méthode appliquée à un appareil le rend inacceptable, il convient de procéder à une mesure directe du flicker.

On peut se demander pourquoi une méthode qui ne permet pas nécessairement de prendre une décision nette doit être incorporée dans la Norme. Toutefois, seule une méthode analytique peut être utilisée au stade de la conception. Elle permet en outre une économie de temps et de coût d'essais.

Paragraphe 6.2.4 *Fluctuations de tension de type d)*

Il s'agit là de fluctuations provoquées, par exemple, par une installation de soudage à l'arc, qui ne peuvent être représentées par une série d'à-coups et pour lesquelles, par conséquent, la mesure directe du flicker s'avère essentielle.

Paragraphe 6.3 *Variations de tension produites par le démarrage des moteurs des appareils*

Certains moteurs d'appareils électrodomestiques provoquent, lors de leur démarrage, des variations de tension dépassant 3% aux bornes de l'impédance de référence, mais la gravité du flicker dépend tant de l'amplitude que de la forme de la variation de tension.

The choice of an observation period was made with the help of the results of a test on 25 people. The light by which they were working was initially steady. It was then caused to flicker by modulating the supply voltage with 1% rectangular changes occurring 1 000 times a minute. Each observer was asked to indicate when the flicker became intolerable. The results are shown in Figure 1, page 20, of this report. The memory time for 1% changes is 2.26 s. The figure shows that 90% of the observers tolerated the flicker for 27 s. In this time there were $27/60 \times 1\,000 = 450$ changes giving a total memory time of just under 17 min. This test indicates that for flicker at the rate of 1 000 changes per minute an observation time of 15 min would give a condition that more than 90% of observers would regard as tolerable.

A band of observation periods from 5 min to 15 min was chosen to accommodate the widely varying operating periods of different appliances.

Sub-clause 6.2.3 *Type c) voltage fluctuations*

These are similar to type *b*) discussed above but the voltage changes are not rectangular in shape. Since the lamp filament and the eye both tend to integrate the changes the procedure adopted is to replace each voltage change by a rectangular step having the same area. However, when the rate of voltage change is slow, replacing it by a step will give a pessimistic result. Hence the statement is made that, if the appliance is found unacceptable by this method, direct flicker measurement should be made.

It might be asked why a method that will not necessarily give a clear decision should be included in the Standard. However, an analytical method is the only one that can be used at the design stage and it may also save the time and cost of testing.

Sub-clause 6.2.4 *Type d) voltage fluctuations*

These are fluctuations caused, for instance, by an arc welding plant, which cannot be represented by a series of voltage steps and for which, therefore, direct flicker measurement is essential.

Sub-clause 6.3 *Voltage changes produced by the starting of appliance motors*

Some appliance motors when they start cause voltage changes exceeding 3% across the reference impedance but the severity of the flicker depends on both the amplitude and waveform of the voltage variation.

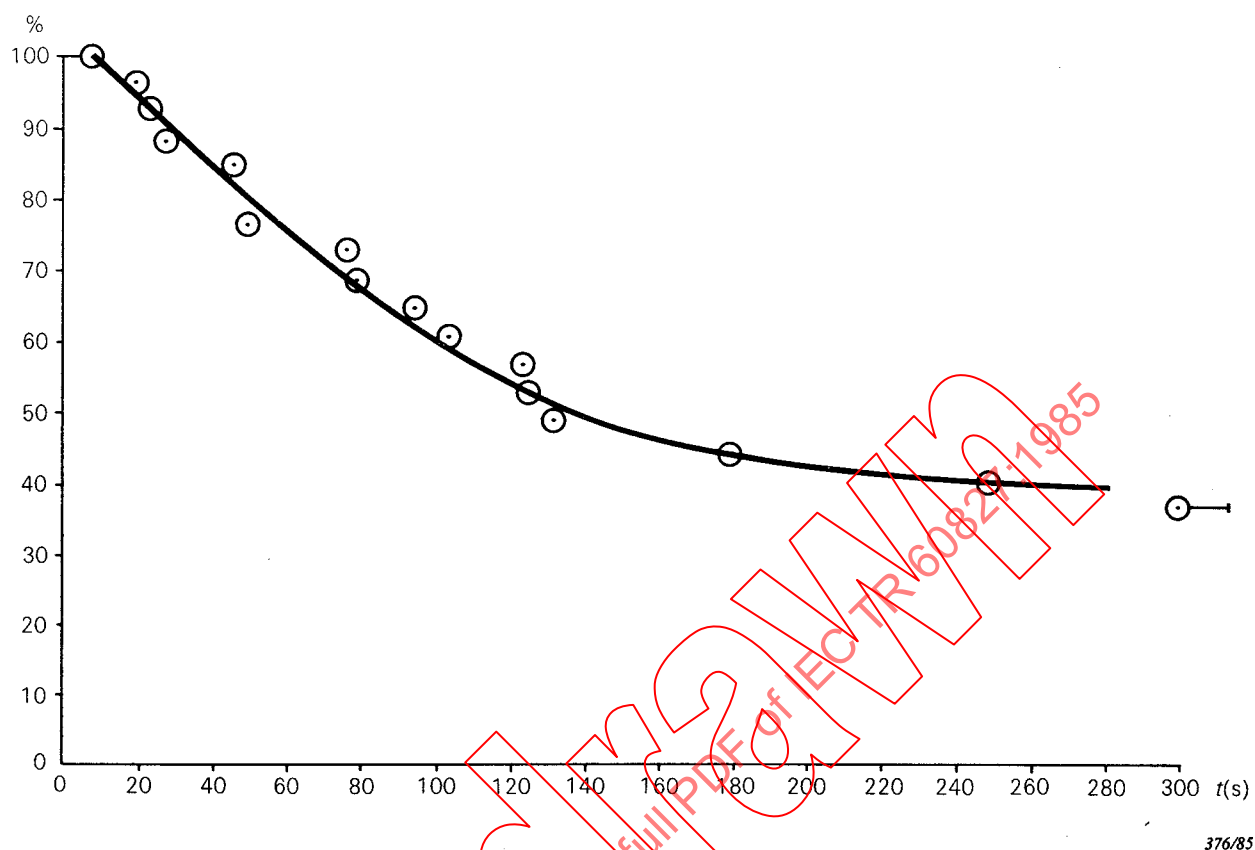


FIG. 1. — Pourcentage de personnes qui peuvent tolérer $\Delta U/U = 1\%$ (1000 $\Delta U/\text{min}$) durant t secondes.

Percentage of people who can tolerate $\Delta U/U = 1\%$ (1000 $\Delta U/\text{min}$) during t seconds.