

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
868**

Première édition
First edition
1986

Flickermètre
Spécifications fonctionnelles et de conception

Flickermeter
Functional and design specifications



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC :868 1986

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

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT

868

Première édition
First edition
1986

Flickermètre

Spécifications fonctionnelles et de conception

Flickermeter

Functional and design specifications

© CEI 1986 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

P

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1. Domaine d'application et objet	6
2. Description de l'instrument	6
3. Spécifications	12
4. Spécifications d'essais de type	20
 FIGURES	 28

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60868-1:1986
 Withd2M

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope and object	7
2. Description of the instrument	7
3. Specification	13
4. Type test specifications	21
FIGURES	29

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60868-1:1986

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FLICKERMÈTRE SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES ET DE CONCEPTION

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 77A : Equipements pour raccordement aux réseaux publics de distribution basse tension, du Comité d'Etudes N° 77 de la CEI : Compatibilité électromagnétique entre les matériels électriques y compris les réseaux, sur la base des travaux de l'Union Internationale d'Electrothermie (UIE).

L'appareil décrit est l'aboutissement des recherches d'un Comité d'Etude de l'UIE, prenant en compte l'expérience acquise sur différents flickermètres préalablement étudiés et expérimentés dans un certain nombre de pays industriels.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants :

Règle des Six Mois	Rapport de vote
77A(BC)5	77A(BC)10

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°s 68-2-1 (1974) : Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique. Deuxième partie: Essais — Essais A: Froid.
- 68-2-2 (1974) : Essais B: Chaleur sèche.
- 68-2-3 (1969) : Essai Ca: Essai continu de chaleur humide.
- 68-2-14 (1984) : Essai N: Variations de température.
- 255-8 (1978) : Relais électriques, Huitième partie: Relais électriques thermiques.
- 555-3 (1982) : Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électrodomestiques et les équipements analogues, Troisième partie: Fluctuations de tension.
- 801-2 (1984) : Compatibilité électromagnétique pour les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels, Deuxième partie: Prescriptions relatives aux décharges électrostatiques.
- 801-3 (1984) : Troisième partie: Prescriptions relatives aux champs de rayonnements électromagnétiques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FLICKERMETER

FUNCTIONAL AND DESIGN SPECIFICATIONS

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 Sub-Committee 77A: Equipment for Connection to the Public Low-voltage Supply System, of IEC Technical Committee No. 77: Electromagnetic Compatibility between Electrical Equipment including Networks, on the basis of work undertaken by the International Union for Electroheat (UIE).

The apparatus described is the outcome of research by a Study Committee of the UIE, taking into account the experience acquired with various flickermeters previously studied and tested in a number of industrial countries.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
77A(CO)5	77A(CO)10

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

The following IEC publications are quoted in the report:

Publications Nos 68-2-1 (1974): Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests - Tests A: Cold.

68-2-2 (1974): Tests B: Dry Heat.

68-2-3 (1969): Test Ca: Damp Heat, Steady State.

68-2-14 (1984): Test N: Change of Temperature.

255-8 (1978): Electrical Relays, Part 8: Thermal Electrical Relays.

555-3 (1982): Disturbances in Supply Systems Caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment, Part 3: Voltage Fluctuations.

801-2 (1984): Electromagnetic Compatibility for Industrial-process Measurement and Control Equipment, Part 2: Electrostatic Discharge Requirements.

801-3 (1984): Part 3: Radiated Electromagnetic Field Requirements.

FLICKERMÈTRE

SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES ET DE CONCEPTION

INTRODUCTION

Le présent rapport fournit les spécifications fonctionnelles et de conception d'un appareil, mesurant le flicker, destiné à indiquer le niveau correct de perception du papillotement du flux lumineux (flicker) pour toutes les formes d'ondes de fluctuation de tension rencontrées dans la pratique. On y présente des informations suffisantes permettant de construire un tel instrument.

A partir des données de sortie du flickermètre, la méthode d'évaluation de la sévérité du flicker sera l'objet d'autres publications.

Dans sa forme actuelle, ce rapport n'est pas destiné à constituer, à lui seul, une annexe à 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.

Ce rapport est basé sur les spécifications préparées par le Comité d'Etude « Perturbations » de l'Union Internationale d'Electrothermie (UIE).

1. Domaine d'application et objet

Le but du présent rapport est de fournir les informations fondamentales nécessaires à la conception et à la réalisation d'un appareil analogique ou numérique de mesure du flicker.

On n'y spécifie ni la méthode de calcul de la sévérité du flicker ni les valeurs limites tolérables.

2. Description de l'instrument

La description qui suit concerne principalement une réalisation de type analogique. Un appareil entièrement ou partiellement numérique est également acceptable à condition de présenter les mêmes caractéristiques fonctionnelles.

L'architecture du flickermètre est illustrée par le bloc diagramme de la figure 1, page 28. On peut la diviser en deux parties réalisant chacune l'une des tâches suivantes :

- simulation de la réponse de la chaîne lampe-œil-cerveau ;
- analyse statistique, en temps réel, du signal de flicker et présentation des résultats.

La première tâche est réalisée par les blocs 2, 3 et 4 de la figure 1 et la seconde, par le bloc 5. Bien que la présence du bloc 5 ne soit pas obligatoire, puisque l'analyse du signal de flicker peut s'effectuer en temps différé à l'aide d'équipements d'enregistrement convenables, son incorporation est conseillée parce qu'elle permet une utilisation plus globale et plus efficace de l'instrument.

2.1 Bloc 1 — Adaptateur de tension d'entrée et circuit de vérification de l'étalonnage

Ce bloc contient un générateur de signaux pour vérifier l'étalonnage du flickermètre sur le site, ainsi qu'un circuit d'adaptation de la tension qui ramène à un niveau interne de référence, la valeur moyenne de la valeur efficace du fondamental de la tension d'entrée. Les mesures de flicker, exprimées par un rapport donné en pourcentage, peuvent être effectuées de cette manière indé-

FLICKERMETER

FUNCTIONAL AND DESIGN SPECIFICATIONS

INTRODUCTION

This report gives a functional and design specification for flicker measuring apparatus intended to indicate the correct flicker perception level for all practical voltage fluctuation waveforms. Sufficient information is presented to enable such an instrument to be constructed.

The method of flicker severity assessment from flickermeter output data will form the subject of other publications.

In its present form, this report is not intended to be an appendix to IEC Publications 555-3: Disturbances in Supply Systems Caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment, Part 3: Voltage Fluctuations.

This report is based on specifications prepared by the Disturbances Study Committee of the International Union for Electroheat (UIE).

1. Scope and object

The purpose of this report is to provide basic information for the design and the implementation of an analogue or digital flicker measuring apparatus.

It does not specify the method of calculating a flicker severity value, or give tolerable limit values.

2. Description of the instrument

The description given below is based on an analogue implementation. A partly or completely digital meter is equally acceptable provided that it offers the same functional characteristics.

The flickermeter architecture is described by the block diagram of Figure 1, page 29, and can be divided into two parts, each performing one of the following tasks:

- simulation of the response of the lamp-eye-brain chain;
- on-line statistical analysis of the flicker signal and presentation of the results.

The first task is performed by blocks 2, 3 and 4 of Figure 1, whilst the second task is accomplished by block 5. Although this last block is not mandatory, as flicker signal analysis can be performed off-line using a suitable recording medium, its inclusion is recommended because it will allow a more complete and efficient use of the instrument.

2.1 Block 1 — Input voltage adaptor and calibration checking circuit

This block contains a signal generator to check the calibration of the flickermeter on site and a voltage adapting circuit that scales the mean r.m.s. value of the input mains frequency voltage down to an internal reference level. In this way flicker measurements can be made independently from the actual input carrier voltage level and expressed as a percent ratio. Taps on the input

pendamment du niveau réel de la tension d'entrée. Des prises sur le transformateur d'entrée fixent les gammes convenables de tension d'entrée afin de maintenir le signal d'entrée de l'adaptateur de tension à l'intérieur de la plage requise.

2.2 *Bloc 2 — Démodulateur quadratique*

Le rôle de ce bloc est de restituer la fluctuation de la tension en élevant au carré la tension d'entrée ramenée au niveau de référence, simulant ainsi le comportement de la lampe.

2.3 *Blocs 3 et 4 — Filtrés de pondération, élévation au carré et lissage*

Le bloc 3 se compose de deux filtres en cascade et d'un sélecteur de gammes de mesures qui peut être placé avant ou après le circuit du filtre sélectif.

Le premier filtre élimine la composante continue de la tension de sortie du démodulateur quadratique ainsi que la composante d'ondulation résiduelle dont la fréquence est double de celle du réseau.

Le second filtre ajuste la forme de la courbe de réponse en fréquence du flickermètre à la fluctuation modulante, de la manière suivante: le bloc des filtres de pondération simule la combinaison de la réponse spectrale d'une lampe à remplissage de gaz inerte à filament bi-spiralé (60 W - 230 V) avec la réponse de l'œil humain pour des fluctuations sinusoïdales de tension. La fonction de transfert repose pour chaque fréquence sur le seuil de perceptibilité ressenti par 50% des personnes soumises à l'expérience*.

Le bloc 4 est composé d'un étage quadratique et d'un filtre passe-bas du premier ordre. La sensation humaine de flicker à travers le système lampe-œil-cerveau est simulée par la réponse non linéaire combinée des blocs 2, 3 et 4.

Seul le bloc 3 est basé sur la courbe limite de perceptibilité des fluctuations sinusoïdales de tension; la pondération correcte des fluctuations non sinusoïdales et aléatoires est obtenue par un choix convenable de la fonction complexe de transfert des blocs 3 et 4. A cet effet, on a aussi vérifié que le fonctionnement de cet appareil est correct pour des signaux rectangulaires périodiques ainsi qu'avec des signaux transitoires.

La sortie du bloc 4 représente la sensation instantanée de flicker.

2.4 *Bloc 5 — Evaluation statistique en temps réel*

Le bloc 5 comprend un microprocesseur qui effectue l'analyse du niveau de flicker, en temps réel, permettant ainsi le calcul direct des paramètres significatifs de l'évaluation.

Une interface appropriée permet la présentation des résultats et leur enregistrement. Elle sera utilisée lors de l'application de méthodes de mesure de la sévérité du flicker par une analyse statistique.

Qu'elle soit effectuée en temps réel, par le bloc 5, ou bien, en temps différé, à partir d'un enregistrement de la sortie du bloc 4, l'analyse statistique doit être conduite en subdivisant l'amplitude du signal de niveau de flicker en un nombre approprié de classes.

Le signal de niveau de flicker est échantillonné à une fréquence constante.

Chaque fois qu'une valeur adéquate est atteinte, on incrémente d'une unité le compteur de la classe correspondante. On obtient, de cette manière, la fonction de distribution des échantillons du signal d'entrée. En choisissant une fréquence d'échantillonnage notablement plus élevée que la fréquence maximale du flicker, le résultat final, au terme de la période de mesure, représente la

* Une lampe à filament servant de référence pour les réseaux 100-130 V aurait une réponse en fréquence différente et nécessiterait une modification du filtre de pondération. Les caractéristiques des lampes à décharge sont totalement différentes; leur prise en compte nécessiterait des modifications plus profondes de ce rapport.

transformer establish suitable input voltage ranges to keep the input signal to the voltage adaptor within its permissible range.

2.2 *Block 2 — Square law demodulator*

The purpose of this block is to recover the voltage fluctuation by squaring the input voltage scaled to the reference level, thus simulating the behaviour of the lamp.

2.3 *Blocks 3 and 4 — Weighting filters, squaring and smoothing*

Block 3 is composed of a cascade of two filters and a measuring range selector, which can precede or follow the selective filter circuit.

The first filter eliminates the d.c. and double mains frequency ripple components of the demodulator output.

The second does the shaping of the flickermeter frequency response to the modulating fluctuation, as follows : the weighting filter block simulates the frequency response to sinusoidal voltage fluctuations of a coiled coil filament gas filled lamp (60 W - 230 V) combined with the human visual system. The response function is based on the perceptibility threshold found for each frequency on 50% of the persons tested*.

Block 4 is composed of a squaring multiplier and a first order low-pass filter. The human flicker sensation via lamp, eye and brain is simulated by the combined non-linear response of blocks 2, 3 and 4.

Block 3 alone is based on the borderline perceptibility curve for sinusoidal voltage fluctuations ; the correct weighting of non-sinusoidal and stochastic fluctuations is achieved by an appropriate choice of the complex transfer function for blocks 3 and 4. Accordingly the correct performance of the model has also been checked with periodic rectangular signals as well as with transient signals.

The output of block 4 represents the instantaneous flicker sensation.

2.4 *Block 5 — On-line statistical analysis*

Block 5 incorporates a microprocessor that performs an on-line analysis of the flicker level, thus allowing direct calculation of significant evaluation parameters.

A suitable interface allows data presentation and recording. The use of this block is related to methods of deriving measures of flicker severity by statistical analysis.

The statistical analysis, whether performed on-line by block 5 or off-line on a recording of the output of block 4, shall be made by subdividing the amplitude of the flicker level signal into a suitable number of classes.

The flicker level signal is sampled at a constant rate.

Every time that the appropriate value occurs, the counter of the corresponding class is incremented by one. In this way, the frequency distribution function of the input values is obtained. By choosing a scanning frequency sufficiently higher than the maximum flicker frequency, the final result at the end of the measuring interval represents the distribution of flicker level duration

* A reference filament lamp for 100-130 V systems would have a different frequency response and would require a corresponding adjustment of the weighting filter. The characteristics of discharge lamps are totally different, and wider modifications of this report would be necessary to take them into account.

distribution de la durée du niveau de flicker dans chaque classe. En additionnant le contenu des compteurs de toutes les classes et en exprimant le total partiel de chaque classe par rapport au total général, on obtient la fonction de densité de probabilité des niveaux de flicker.

A partir de celle-ci, on obtient la fonction de probabilité cumulée utilisée dans la méthode statistique d'analyse de la durée pendant laquelle un niveau donné est atteint.

La figure 2, page 30, illustre schématiquement la méthode d'analyse statistique, limitée à 10 classes, pour simplifier la présentation.

La fonction de probabilité cumulée permet d'obtenir des valeurs statistiques significatives comme la moyenne, l'écart type, le niveau de flicker dépassé pendant un pourcentage de temps donné, ou, inversement, le pourcentage de temps pendant lequel un niveau déterminé de flicker est dépassé.

La durée d'observation est définie par deux intervalles de temps ajustables : T_{court} et T_{long} .

L'intervalle T_{long} définit le temps total d'observation. Il est toujours un multiple de l'intervalle court : ($T_{\text{long}} = n \cdot T_{\text{court}}$).

Dans le cas du traitement de données en temps réel, dès la fin de chacun des intervalles courts, l'analyse statistique de l'intervalle suivant commence, tandis que les résultats de l'intervalle terminé sont disponibles à la sortie.

Pour une période d'observation donnée T_{long} , n analyses de courte durée seront donc disponibles en même temps que les résultats de l'intervalle complet. Il convient d'exécuter le tracé graphique de la fonction de probabilité cumulée, de préférence au moyen d'une échelle de distribution normale Gaussienne.

2.5 Sorties

Le bloc-diagramme du flickermètre représenté à la figure 1, page 28, comporte plusieurs sorties situées entre les blocs 1 et 5. Les sorties marquées d'un astérisque ne sont pas indispensables mais peuvent permettre une pleine utilisation des potentialités de l'instrument pour les recherches portant sur les fluctuations de tension. Ultérieurement, d'autres sorties optionnelles pourront être envisagées.

2.5.1 Le but de la sortie facultative 1 et du mesureur de valeur efficace associé est de permettre de suivre l'évolution de la forme de la fluctuation de tension à partir des variations de la valeur efficace de la tension d'entrée. Cela peut être réalisé par élévation au carré, par intégration entre les passages par zéro de chaque alternance et par extraction de la racine carrée du signal.

En vue d'observer de petites variations de tension avec une résolution satisfaisante, il convient de procéder à une compensation de la composante continue.

2.5.2 La sortie 2 est principalement destinée au contrôle de la réponse du bloc 3 et à son réglage.

2.5.3 La sortie 3 donne une indication linéaire instantanée de la variation relative de tension $\frac{\Delta V}{V}$ exprimée en pourcentage équivalant à une modulation sinusoïdale à 8,8 Hz. Cette sortie est utile pour permettre la sélection de la gamme de mesure convenable.

2.5.4 La sortie 4 fournit l'intégrale sur 1 min de la sensation instantanée de flicker.

2.5.5 La sortie 5 fournit la sensation instantanée de flicker qui peut être reproduite sur un enregistreur à rouleau de papier si l'on veut une évaluation rapide sur le site ou, dans le cas de mesures de longue durée, sur une bande magnétique pour traitement ultérieur.

in each class. Adding the content of the counters of all classes and expressing the count of each class relative to the total gives the probability density function of the flicker levels.

From this, one obtains the cumulative probability function used in the time-at-level statistical method.

Figure 2, page 31, schematically represents the statistical analysis method, limited for simplicity of presentation to 10 classes.

From the cumulative probability function, significant statistical values can be obtained such as mean, standard deviation, flicker level being exceeded for a given percentage of time or, alternatively, the percentage of time an assigned flicker level has been exceeded.

The observation period is defined by two adjustable time intervals: T_{short} and T_{long} .

The long interval defines the total observation time and is always a multiple of the short interval: ($T_{\text{long}} = n \cdot T_{\text{short}}$).

For on-line processing, immediately after conclusion of each short time interval, the statistical analysis of the next interval is started and the results for the expired interval are made available for output.

In this way, n short time analyses will be available for a given observation period T_{long} , together with the results for the total interval. Cumulative probability function plots should preferably be made by using a Gaussian normal distribution scale.

2.5 Outputs

The flickermeter diagram in Figure 1, page 29, shows a number of outputs between blocks 1 and 5. The outputs marked with an asterisk are not essential, but may allow a full exploitation of the instrument potential for the investigation of voltage fluctuations. Further optional outputs may be considered.

- 2.5.1 The aim of optional output 1 and associated r.m.s. meter is to display the voltage fluctuation waveform in terms of changes in r.m.s. value of the input voltage. This can be achieved by squaring, integrating between zero crossings on each half-cycle and square rooting the signal.

In order to observe small voltage changes with good resolution, an adjustable d.c. offset and rectification should be provided.

- 2.5.2 Output 2 is mainly intended for checking the response of block 3 and making adjustments.

- 2.5.3 Output 3 gives an instantaneous linear indication of the relative voltage change $\frac{\Delta V}{V}$ expressed as per cent equivalent of an 8.8 Hz sinusoidal wave modulation. This output is useful to select the proper measuring range.

- 2.5.4 Output 4 gives the 1 min integral of the instantaneous flicker sensation.

- 2.5.5 Output 5 represents the instantaneous flicker sensation and can be recorded on a strip-chart recorder for a quick on-site evaluation, or on magnetic tape for long duration measurements and for later processing.

2.5.6 Une sortie 6 du bloc 5 est raccordée à une interface numérique de liaison avec une imprimante ou un enregistreur à bande magnétique. En utilisant un autre type d'interface de conversion numérique/analogique on peut obtenir directement à partir du bloc 5, des tracés graphiques analogiques de la fonction de probabilité cumulée.

3. Spécifications

3.1 Réponse analogique

La réponse analogique globale prise au niveau de la sortie du bloc 4 par rapport à l'entrée de l'instrument est donnée respectivement dans les tableaux I et II pour des fluctuations de tension sinusoïdales et rectangulaires, comme définies dans la Publication 555-3 de la CEI. Le seuil de perceptibilité humaine du flicker sert de référence (il correspond à l'obtention de la valeur 1 en sortie du bloc 4). La réponse est centrée à 8,8 Hz dans le cas d'une modulation sinusoïdale.

La précision prescrite est atteinte si les valeurs d'entrée, dans le cas de modulation sinusoïdale ou rectangulaire, sont dans les limites de $\pm 5\%$ des valeurs présentées sous forme de tableaux pour une valeur de sortie égale à une unité de perceptibilité.

TABLEAU I

Réponse normalisée du flickermètre pour des fluctuations sinusoïdales de la tension

Amplitude relative de la fluctuation de la tension d'entrée $\frac{\Delta V}{V}$ pour une unité de perceptibilité en sortie

Hz	Fluctuation de tension (%)	Hz	Fluctuation de tension (%)
0,5	2,340	9,5	0,254
1,0	1,432	10,0	0,260
1,5	1,080	10,5	0,270
2,0	0,882	11,0	0,282
2,5	0,754	11,5	0,296
3,0	0,654	12,0	0,312
3,5	0,568	13,0	0,348
4,0	0,500	14,0	0,388
4,5	0,446	15,0	0,432
5,0	0,398	16,0	0,480
5,5	0,360	17,0	0,530
6,0	0,328	18,0	0,584
6,5	0,300	19,0	0,640
7,0	0,280	20,0	0,700
7,5	0,266	21,0	0,760
8,0	0,256	22,0	0,824
8,8	0,250	23,0	0,890
		24,0	0,962
		25,0	1,042

2.5.6 Output 6 in block 5 is connected to a serial digital interface suitable for a printer and a magnetic tape recorder. Using another digital to analogue converting interface, analogue plots of the cumulative probability function can be obtained directly from this block.

3. Specification

3.1 Analogue response

The overall analogue response from the instrument input to the output of block 4 is given in Tables I and II for sinusoidal and rectangular voltage fluctuations as defined in IEC Publication 555-3. One unit output from block 4 corresponds to the reference human flicker perceptibility threshold. The response is centred at 8.8 Hz for sinusoidal modulation.

The prescribed accuracy is achieved if the input values for sine and square-wave modulations are within $\pm 5\%$ of the tabulated values, for an output of one unit of perceptibility.

TABLE I

Normalized flickermeter response for sinusoidal voltage fluctuations

Input relative voltage fluctuation $\frac{\Delta V}{V}$ for one unit of perceptibility at output

Hz	Voltage fluctuation (%)	Hz	Voltage fluctuation (%)
0.5	2.340	9.5	0.254
1.0	1.432	10.0	0.260
1.5	1.080	10.5	0.270
2.0	0.882	11.0	0.282
2.5	0.754	11.5	0.296
3.0	0.654	12.0	0.312
3.5	0.568	13.0	0.348
4.0	0.500	14.0	0.388
4.5	0.446	15.0	0.432
5.0	0.398	16.0	0.480
5.5	0.360	17.0	0.530
6.0	0.328	18.0	0.584
6.5	0.300	19.0	0.640
7.0	0.280	20.0	0.700
7.5	0.266	21.0	0.760
8.0	0.256	22.0	0.824
8.8	0.250	23.0	0.890
		24.0	0.962
		25.0	1.042

TABLEAU II

Réponse normalisée du flickermètre pour des fluctuations rectangulaires de la tension

Amplitude relative de la fluctuation de la tension d'entrée $\frac{\Delta V}{V}$ pour une unité de perceptibilité en sortie

Hz	Fluctuation de tension (%)	Hz	Fluctuation de tension (%)
0,5	0,514	9,5	0,200
1,0	0,471	10,0	0,205
1,5	0,432	10,5	0,213
2,0	0,401	11,0	0,223
2,5	0,374	11,5	0,234
3,0	0,355	12,0	0,246
3,5	0,345	13,0	0,275
4,0	0,333	14,0	0,308
4,5	0,316	15,0	0,344
5,0	0,293	16,0	0,380
5,5	0,269	17,0	0,421
6,0	0,249	18,0	0,461
6,5	0,231	19,0	0,506
7,0	0,217	20,0	0,552
7,5	0,207	21,0	0,603
8,0	0,201	22,0	0,657
8,8	0,199	23,0	0,713
		24,0	0,767

3.2 Transformateur d'entrée

Le transformateur de tension d'entrée doit accepter une large gamme de tensions de réseau nominales et les adapter au niveau maximal compatible avec le bon fonctionnement des circuits suivants. Les tensions les plus couramment retenues, dans l'hypothèse d'une déviation de -30% à +20%, sont énumérées dans le tableau III.

TABLEAU III

Tension d'entrée assignée (V eff.)	-30% (V eff.)	+20% (V eff.)
57,7	40	68
100	70	120
115	80,5	138
127	89	152
160	112	192
220	154	264
230	161	276
240	168	288
380	266	456
420	294	504

La plage totale prescrite doit, par conséquent, aller de 40 V eff. à 504 V eff.

Il est souhaitable de limiter à des valeurs de 1 à 3,5 l'excursion maximale des variations de la tension secondaire. Le transformateur devrait, par conséquent, posséder au moins deux prises

TABLE II

Normalized flickermeter response for rectangular voltage fluctuations

Input relative voltage fluctuation $\frac{\Delta V}{V}$ for one unit of perceptibility at output

Hz	Voltage fluctuation (%)	Hz	Voltage fluctuation (%)
≤ 0.5	0.514	9.5	0.200
1.0	0.471	10.0	0.205
1.5	0.432	10.5	0.213
2.0	0.401	11.0	0.223
2.5	0.374	11.5	0.234
3.0	0.355	12.0	0.246
3.5	0.345	13.0	0.275
4.0	0.333	14.0	0.308
4.5	0.316	15.0	0.344
5.0	0.293	16.0	0.380
5.5	0.269	17.0	0.421
6.0	0.249	18.0	0.461
6.5	0.231	19.0	0.506
7.0	0.217	20.0	0.552
7.5	0.207	21.0	0.603
8.0	0.201	22.0	0.657
8.8	0.199	23.0	0.713
		24.0	0.767

3.2 Input transformer

The input voltage transformer must accept a wide range of nominal mains voltages and adapt them to the maximum level compatible with the operation of the following circuits. The most common rated voltages, assuming a -30% to +20% deviation are listed in Table III.

TABLE III

Rated input voltage (V r.m.s.)	-30% (V r.m.s.)	+20% (V r.m.s.)
57.7	40	68
100	70	120
115	80.5	138
127	89	152
160	112	192
220	154	264
230	161	276
240	168	288
380	266	456
420	294	504

The prescribed total range shall therefore be 40 V r.m.s. to 504 V r.m.s.

It is advisable to keep the variations of secondary voltage within a maximum excursion of 1 to 3.5 times and therefore the transformer should have at least two taps with transforming

intermédiaires. Le rapport de transformation du primaire au secondaire doit être de $\frac{504}{V_R}$. Les rapports de transformation des prises intermédiaires doivent être de $\frac{276}{V_R}$ et $\frac{138}{V_R}$. On désigne par V_R le niveau de référence de la porteuse.

La largeur de la bande passante du transformateur doit être telle que les bandes latérales de modulation à ± 25 Hz ne soient pas atténuées de manière importante.

Le niveau d'isolement doit être de 2 kV eff. pendant 1 min. et de 2 kV crête pour une impulsion de 1,2/50 μ s. Un écran électrostatique doit être inséré entre les enroulements et correctement raccordé.

3.3 Adaptateur de tension

À l'entrée du bloc 2, ce circuit doit maintenir la valeur efficace de la tension 50 Hz modulée à un niveau constant égal à la valeur de référence V_R , comme l'indique la spécification du transformateur d'entrée, sans modifier la fluctuation relative de modulation. Son temps de réponse (de 10% à 90% de la valeur finale) à un échelon de variation de la valeur efficace d'entrée est de 1 min. La plage de fonctionnement de ce circuit doit être suffisamment étendue pour assurer une reproduction correcte des fluctuations de la tension d'entrée génératrices de flicker.

3.4 Générateur interne de vérification de l'étalonnage

Le générateur interne doit fournir une onde sinusoïdale à la fréquence du réseau, modulée par une onde carrée de $(50/17)$ Hz = 2,94 Hz.

Le contrôle doit s'effectuer au moyen d'une indication qui montre une concordance avec une valeur ou un repère de référence.

Les caractéristiques significatives de ce circuit sont les suivantes :

- onde porteuse asservie en phase sur le réseau d'alimentation ;
- taux de modulation $\frac{\Delta V}{V} = 1\%$;
- niveau de la porteuse approprié pour toutes les gammes de mesures ;
- précision de la fréquence de modulation 1%.

3.5 Démodulateur quadratique

Le bloc 2 doit fournir en sortie une composante proportionnelle à l'amplitude de la fluctuation de modulation du signal d'entrée.

La plage de fonctionnement de l'entrée du démodulateur doit s'étendre jusqu'à 150% de la valeur de référence V_R .

3.6 Filtres de pondération

Ces filtres, contenus dans le bloc 3, ont pour rôle :

- d'éliminer la composante continue ainsi que la composante de fréquence double de celle du réseau présentes à la sortie du démodulateur (l'amplitude des composantes à fréquence plus élevée est négligeable) ;
- de pondérer la fluctuation de tension selon la sensibilité du système lampe-œil-cerveau.

Le filtre supprimeur des composantes indésirables comprend une section passe-haut du premier ordre (la fréquence de coupure à 3 dB proposée est d'environ 0,05 Hz) et une section passe-bas pour laquelle on suggère d'employer un filtre Butterworth du 6^e ordre avec une fréquence de coupure de 35 Hz à 3 dB.

ratios $\frac{504}{V_R}$ for primary to secondary and $\frac{276}{V_R}$ and $\frac{138}{V_R}$ for the taps, where V_R is the reference carrier level.

The pass bandwidth of the transformer shall not introduce a significant attenuation of the modulation sidebands at ± 25 Hz.

Insulation level shall be 2 kV r.m.s. for 1 min and 2 kV peak for an 1.2/50 μ s impulse. An electrostatic shielding shall be provided between windings and suitably connected.

3.3 Voltage adaptor

This circuit must keep the r.m.s. level of the modulated 50 Hz voltage at the input of block 2, at a constant reference value V_R , according to the specification of the input transformer, without modifying the modulating relative fluctuation. It shall have a response time (10% to 90% of the final value) to a step variation of the r.m.s. input value equal to 1 min. The operating range of this circuit shall be sufficient to ensure a correct reproduction of input voltage fluctuations creating flicker.

3.4 Internal generator for calibration checking

The internal generator shall provide a sine wave at mains frequency modulated by a $(50/17)$ Hz = 2.94 Hz, square-wave.

Checking shall be made by providing an indication that shows alignment with a reference mark or value.

The significant characteristics of this circuit are the following.

- carrier phase-locked to the mains;
- $\frac{\Delta V}{V}$ modulation 1%;
- carrier level suitable for all measuring ranges;
- accuracy of modulating frequency 1%.

3.5 Squaring demodulator

This circuit included in block 2 shall give as a component of its output a voltage linearly related to the amplitude of the fluctuation modulating the input.

The input operating range of the demodulator shall be capable of accepting up to 150% of the reference value V_R .

3.6 Weighting filters

These filters, included in block 3, have the following purposes:

- eliminating the d.c. component and the component at twice the mains frequency present at the output of the demodulator (the amplitude of higher frequency components is negligible);
- weighting the voltage fluctuation according to the lamp and human visual sensitivity.

The filter for the suppression of the unwanted components incorporates a first order high-pass (suggested 3 dB cutoff frequency at about 0.05 Hz) and a low-pass section, for which a 6th order Butterworth filter with a 35 Hz 3 dB cutoff frequency is suggested.

Cette suggestion prend en compte le fait que la composante à la fréquence double de celle du réseau est atténuée elle aussi par le filtre de pondération du bloc 3. On peut aussi ajouter un filtre réjecteur à cette fréquence pour augmenter la résolution, mais cela ne doit pas affecter de manière significative la réponse de l'appareil dans la largeur de la bande de fréquences utile.

3.7 Réponse globale de l'entrée à la sortie du bloc 3

Sous réserve que le filtre supprimeur défini ci-dessus n'ait qu'une influence négligeable à l'intérieur de la largeur de la bande de fréquences associée aux signaux de fluctuations de tension, une fonction de transfert adéquate pour les blocs 2 et 3 peut avoir la forme suivante :

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)}$$

où s est la variable complexe de Laplace et où les paramètres ont les valeurs données suivantes, à titre indicatif :

$$\begin{aligned} k &= 1,748\,02 \\ \lambda &= 2\pi 4,059\,81 \\ \omega_1 &= 2\pi 9,154\,94 \\ \omega_2 &= 2\pi 2,279\,79 \\ \omega_3 &= 2\pi 1,225\,35 \\ \omega_4 &= 2\pi 21,9 \end{aligned}$$

3.8 Sélecteur de gammes

Le sélecteur de gammes détermine la sensibilité de l'instrument. Il modifie le gain en fonction de l'amplitude de la fluctuation de la tension à mesurer.

Les gammes de mesures exprimées en fluctuation relative de tension $\frac{\Delta V}{V}$ pour une modulation sinusoïdale de 8,8 Hz sont 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20%.

La gamme 20% est optionnelle. La non-linéarité du démodulateur peut introduire des erreurs significatives lorsque la profondeur de la modulation est importante.

Si l'on omet l'une des gammes intermédiaires, il convient alors d'augmenter la résolution de l'instrument afin d'assurer des performances équivalentes à celles que l'on aurait obtenu sur la gamme manquante.

3.9 Élévateur au carré et filtre passe-bas de lissage

Le bloc 4 accomplit deux fonctions :

- élever au carré le signal pondéré de flicker pour simuler la perception non linéaire du couple œil-cerveau,
- lisser le signal pour simuler l'effet de mise en mémoire dans le cerveau.

L'étage élévateur au carré doit avoir une dynamique suffisante d'entrée et de sortie pour prendre en compte les niveaux admissibles du flicker à 8,8 Hz.

L'étage réalisant le lissage du signal doit posséder la fonction de transfert d'un filtre passe-bas du premier ordre à résistance et condensateur avec une constante de temps égale à 300 ms.

3.10 Procédé d'analyse statistique en temps réel

L'analyse doit être effectuée en exprimant le signal de sortie du bloc 4 sous forme numérique avec une résolution de 6 bits au moins et en utilisant 64 classes au moins. La fréquence minimale d'échantillonnage est de 50 acquisitions par seconde.

This suggestion takes into account the fact that the component at twice the mains frequency is also attenuated by the weighting filter of block 3. A band stop or notch filter tuned at this frequency may also be added, to increase the resolution, but it must not affect in a significant way the response of the instrument in the useful frequencies measuring bandwidth.

3.7 Overall response from input to output of block 3

A suitable transfer function for blocks 2 and 3, assuming that the carrier suppression filter defined above has negligible influence inside the frequency bandwidth associated to voltage fluctuation signals, is of the following type :

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \cdot \frac{1 + s/\omega_2}{(1 + s/\omega_3)(1 + s/\omega_4)}$$

where s is the Laplace complex variable and indicative values for the parameters are listed below :

$$\begin{aligned} k &= 1.748\,02 \\ \lambda &= 2\pi\,4.059\,81 \\ \omega_1 &= 2\pi\,9.154\,94 \\ \omega_2 &= 2\pi\,2.279\,79 \\ \omega_3 &= 2\pi\,1.225\,35 \\ \omega_4 &= 2\pi\,21.9 \end{aligned}$$

3.8 Range selector

The range selector determines the instrument sensitivity, varying the gain according to the amplitude of the voltage fluctuation to be measured.

The measuring ranges expressed as relative voltage change $\frac{\Delta V}{V}$ for an 8.8 Hz sine wave modulation are 0.5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20%.

The range 20% is optional as at large depths of modulation, non-linearity of the demodulator may introduce significant errors.

If some intermediate range is not implemented, then the instrument resolution shall be increased so as to ensure equivalent performance over the missing range.

3.9 Squaring multiplier and sliding mean filter

Block 4 performs two functions :

- squaring of the weighted flicker signal to simulate the non-linear eye-brain perception ;
- sliding mean averaging of the signal to simulate the storage effect in the brain.

The squaring operator shall have input and output operating ranges sufficient to accommodate the admissible flicker level at 8.8 Hz.

The sliding mean operator shall have the transfer function of a first order low-pass resistance/capacitance filter with a time constant of 300 ms.

3.10 On-line statistical analysis procedure

The analysis shall be performed expressing the output of block 4 in digital form with at least 6 bits resolution and using at least 64 classes. Minimum sampling rate is 50 samples per second.

La relation entre le sélecteur de gammes et le niveau correspondant à la plus haute classe de la fonction de probabilité cumulée résultant de la classification est indiquée dans le tableau suivant :

$\frac{\Delta V}{V}$ (%)	Niveau de sensation en unités du seuil de perceptibilité
0,5	4
1	16
2	64
5	400
10	1 600
20	6 400

T_{court} peut être choisi parmi les valeurs suivantes : 1 min, 5 min, 10 min et 15 min.

T_{long} doit être un multiple entier du T_{court} sélectionné jusqu'à au moins 1 008 ce qui correspond à 7 jours pour un T_{court} de 10 min.

Des travaux portant sur l'analyse statistique sont en cours de discussion.

3.11 Plages de fonctionnement en température et en humidité de l'instrument

- Plage de températures de fonctionnement : 0°C à 40°C.
- Plage de températures de stockage : -10°C à +55°C.
- Plage de fonctionnement en humidité relative : 45% à 95%.

4. Spécifications d'essais de type

La procédure d'essai destinée à établir la conformité de l'instrument à la réponse spécifiée doit se limiter aux blocs 1 à 4. En effet, l'analyse statistique (bloc 5) peut être réalisée de différentes manières (en temps réel ou différé). La vérification individuelle de tous les éléments n'est généralement pas nécessaire. Seule, la réponse globale entrée-sortie des blocs 1 à 4 doit être contrôlée pour des fluctuations sinusoïdales et rectangulaires de la tension, en accord avec les tableaux I et II.

La procédure d'essai consiste à régler l'amplitude de la modulation d'entrée de telle sorte que la valeur crête de la lecture en sortie soit de une unité.

Si les amplitudes de la modulation d'entrée coïncident avec les valeurs spécifiées (tolérance maximale $\pm 5\%$), l'instrument soumis aux essais est reconnu conforme à la spécification.

4.1 Essais de compatibilité électromagnétique (provisoire)

Les essais prescrits pour l'évaluation de l'immunité aux perturbations électromagnétiques sont résumés dans le tableau IV. Le tableau contient des références à des publications et documents « Secrétariat » CEI. Parmi ces essais, certains font encore l'objet d'étude dans les Sous-Comités 77A et 77B.

Ces essais sont prescrits en supposant que la référence commune de zéro des circuits électroniques est raccordée au châssis et reliée à la terre.

Les essais numérotés de 1 à 8 sont effectués sur l'entrée et les raccordements à la source d'alimentation, l'essai n° 9 seulement sur la source d'alimentation et les essais n°s 10 à 14 sur l'instrument dans son ensemble.

The relation between the range selector and the level corresponding to the highest class of the cumulative probability function resulting from the classification is indicated in the following table:

$\frac{\Delta V}{V}$ (%)	Sensation levels in units of perceptibility threshold
0.5	4
1	16
2	64
5	400
10	1 600
20	6 400

T_{short} can be selected between 1 min, 5 min, 10 min and 15 min.

T_{long} must be an integer multiple of the selected T_{short} up to at least 1 008, corresponding to 7 days with a T_{short} of 10 minutes.

Further development of the statistical analysis is under discussion.

3.11 Temperature and humidity operating range of the instrument

- Operating temperature range: 0°C to 40°C.
- Storage temperature range: -10°C to +55°C.
- Relative humidity operating range: 45% to 95%

4. Type test specifications

The test procedure to assess compliance of the instrument with the specified response shall be restricted to blocks 1 to 4, as the statistical analysis (block 5) can be performed in different ways (on-line or off-line). Individual checking of all elements is generally not necessary, only the overall input-output response up to block 4 shall be checked for sinusoidal and rectangular voltage fluctuations, with reference to Tables I and II.

The tests shall be made by changing the input modulation amplitude so that the peak value of the output reading is unity.

If the input modulation amplitudes found for the instrument under test coincide with the specified values (maximum tolerance $\pm 5\%$), compliance with this specification is proved.

4.1 Electromagnetic compatibility tests (provisional)

The tests prescribed to assess the immunity of the instrument to electromagnetic interferences are summarized in Table IV. The table contains references to existing IEC publications and Secretariat documents. Some of these tests are still, at present, under consideration by IEC Sub-Committees 77A and 77B.

These tests are prescribed under the assumption that the common zero reference of the electronic circuitry is connected to case and to earth.

Tests numbered from 1 to 8 will be performed on input and power supply connections, test number 9 only on power supply and tests from 10 to 14 on the instrument as a whole.

Les niveaux de sévérité des essais ont été choisis en admettant que durant l'utilisation normale de l'appareil, ses sorties sont raccordées à l'appareillage externe en utilisant des câbles courts et blindés.

Pour tous les essais et durant l'application des perturbations, on vérifie que le fonctionnement de l'appareil est correct, en vérifiant un minimum de cinq points convenablement espacés de la réponse.

4.2 Essais climatiques

Les procédures d'essais climatiques sont celles définies dans les Publications 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, lesquelles sont complétées par les indications données ci-dessous:

- Conditions atmosphériques normales pour les essais :
température : 15°C à 35°C;
humidité relative : 45% à 75%;
pression : 860 mbar à 1 060 mbar.
- Séquence et type d'essais :

a) Chaleur sèche : Publications 68-2-2/68-2-2A	Essai Bd	1) 2)
b) Chaleur humide : Publication 68-2-3	Essai Ca	2)
c) Froid : Publications 68-2-1/68-2-1A	Essai Ad	1) 2)
d) Variations de température : Publication 68-2-14	Essai Nb	2)
- Temps maximal entre les essais b) et c) : 2 h.
- Variation maximale de température de la chambre climatique : 1°C/min en établissant la moyenne sur 5 min au plus.
- A la fin de chaque essai, le bon fonctionnement de l'instrument doit être vérifié dans des conditions normales.

4.2.1 Essais avec l'instrument non raccordé et non alimenté

A la fin de chaque essai, le fonctionnement de l'appareil sera contrôlé dans des conditions normales d'environnement.

Essai de chaleur sèche

- Température : $55 \pm 3^\circ\text{C}$.
- Durée : 24 h.

Essai de froid

- Température : $-10 \pm 3^\circ\text{C}$.
- Durée : 24 h.

4.2.2 Essais avec l'appareil en fonctionnement

Pour tout essai indiqué ci-dessous, le fonctionnement correct de l'appareil doit être contrôlé pour un minimum de 5 points de la réponse spécifiée, au commencement, à la fin et aux instants intermédiaires durant l'essai.

Le délai maximal entre les essais de chaleur humide et de froid ne doit pas excéder 2 h.

¹⁾ Conditions de stockage.

²⁾ Conditions de fonctionnement.

The severity levels of the tests have been selected assuming that during the normal use of the instrument, its outputs are connected to external equipment using short and shielded cables.

For all the tests and during the application of the interference influence factors, correct operation of the instrument shall be checked, verifying a minimum of five suitably spaced points of the response.

4.2 Climatic tests

Procedures for climatic tests are those defined by corresponding IEC Publications 68: Basic Environmental Testing Procedures, supplemented by the indications given below.

- Normal atmospheric conditions for testing :
 temperature: 15°C to 35°C;
 relative humidity: 45% to 75%;
 pressure: 860 mbar to 1 060 mbar.
- Sequence and type of tests :

a) Dry heat: Publications 68-2-2/68-2-2A	Test Bd	1) 2)
b) Damp heat: Publication 68-2-3	Test Ca	2)
c) Cold: Publications 68-2-1/68-2-1A	Test Ad	1) 2)
d) Change of temperature: Publication 68-2-14	Test Nb	2)
- Maximum interval between tests b) and c): 2 h.
- Maximum temperature gradient of test chamber: 1°C/min, averaged over not more than 5 min.
- At completion of each test, the correct operation of the instrument shall be checked under normal conditions.

4.2.1 Tests with non-operating instrument and no power supply

At completion of each test, the operation of the instrument shall be checked under normal environmental conditions.

Dry heat test

- Temperature: $55 \pm 3^\circ\text{C}$.
- Duration: 24 h.

Cold test

- Temperature: $-10 \pm 3^\circ\text{C}$.
- Duration: 24 h.

4.2.2 Test with operating instrument

For all the tests listed below, correct operation of the instrument shall be checked for a minimum of 5 points of the specified response, at the beginning, at the end, and at intermediate times during the test.

The maximum delay between damp heat and cold tests shall not exceed 2 h.

1) Storage conditions.

2) Operating conditions.

Essai de chaleur sèche

- Température : $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Durée : 16 h.

Essai de chaleur humide

- Température : $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Durée : 24 h.

Après stabilisation des conditions thermiques, l'humidité relative est portée à $93^{+2}_{-3}\%$.

Essai de froid

- Température : $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Durée : 16 h.

Essai de variation de température

- Température de départ : $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Température finale : $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Maintenir pendant 3 h à la température de départ avant de procéder à la variation de température.

Le gradient maximal de température de la chambre d'essai ne doit pas excéder $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ en établissant la moyenne sur 5 min au plus.

Dry heat test

- Temperature: $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Duration: 16 h.

Damp heat test

- Temperature: $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Duration: 24 h.

Under steady temperature conditions, relative humidity will be brought to $93^{+2}_{-3}\%$.

Cold test

- Temperature: $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Duration: 16 h.

Change of temperature test

- Starting temperature: $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Final temperature: $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Permanence at starting temperature for 3 h before proceeding to temperature change.

Maximum temperature gradient of the test chamber shall not exceed $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ averaged over not more than 5 min.

TABLEAU IV

Essai n°	Essais d'immunité aux perturbations (provisoires)		Notes	Tension d'essai ¹⁾ Mode d'application	
				a	b
1	Essais d'isolement	Diélectrique kV eff.		2	—
2		Mesure de la résistance d'isolement kV courant continu		0,5	—
3		Tension de choc 1,2/50 µs kV crête		2	1
4	Perturbations injectées par conduction	Fréquence du réseau V eff.	2)	250	—
5		Tension de choc 1,2/50 µs kV crête	7)	2	1
6		Trains de signaux basse tension (1 kHz à 1 MHz) V crête	4)	100	—
7		Oscillations amorties de 1 MHz kV crête	3)	1	0,5
8		Transitoires rapides de faible énergie kV crête	6)	2	2
9		Coupure de la tension d'alimentation ms	8)	1 à 10	
10		Décharge d'électricité statique kV	4)	15	
11	Champs électromagnétiques	Fréquence du réseau A/m	8)	500	
12		Impulsion 8/20 µs A/m crête	8)	500	
13		Oscillations amorties de 1 MHz A/m crête	8)	50	
14		Haute fréquence rayonnée (20 MHz à 500 MHz) V/m	5)	10	

Notes explicatives

- 1) Mode d'application de la tension d'essai:
 - a) entre les bornes de chaque circuit et le boîtier de l'équipement relié à la terre (mode commun);
 - b) entre les bornes du même circuit (mode différentiel).
- 2) Valeur prescrite pendant le temps nécessaire pour supprimer un défaut; d'autres valeurs peuvent être adoptées selon la réglementation nationale de sécurité.
- 3) Pour cet essai, voir l'annexe C de la Publication 255-8 de la CEI: Relais électriques, Huitième partie: Relais électriques thermiques.
- 4) Pour cet essai voir la Publication 801-2 de la CEI: Compatibilité électromagnétique pour les matériels de mesure et de commande dans les processus industriels, Deuxième partie: Prescriptions relatives aux décharges électrostatiques.
- 5) Pour cet essai, voir la Publication 801-3 de la CEI: Troisième partie: Prescriptions relatives aux champs de rayonnements électromagnétiques.
- 6) Essais à l'étude au Comité d'Etudes n° 65 de la CEI.
- 7) Essais à l'étude du Comité d'Etudes n° 65 de la CEI.
- 8) Essais à l'étude au Comité d'Etudes n° 77 de la CEI.