

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
790**

Première édition
First edition
1984

**Oscillographes et voltmètres de crête
pour essais de choc**

**Oscilloscopes and peak voltmeters
for impulse tests**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 790: 1984

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.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
790**

Première édition
First edition
1984

**Oscillographes et voltmètres de crête
pour essais de choc**

**Oscilloscopes and peak voltmeters
for impulse tests**

© CEI 1984 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	Pages 6
PRÉFACE	6

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Conditions d'utilisation	8
3.1 Domaines des conditions de fonctionnement	8
3.2 Conditions de référence	10
4. Définitions générales	10
4.1 Caractéristique de transfert	10
4.2 Coefficient de conversion	10
4.3 Coefficients de déviation	12
4.4 Valeurs nominales des coefficients de déviation	12
4.5 Défaut de linéarité	12
4.6 Instabilité	12
4.7 Surface ou échelle de mesure	12
4.8 Déviation assignée ou échelle assignée	12
4.9 Surfaces de précision ou échelle de précision	12
4.10 Temps de préchauffage	14
4.11 Erreur absolue et erreur relative	14
4.12 Erreur individuelle et erreur totale	14
5. Caractéristiques de fonctionnement	14
6. Caractéristiques d'entrée	14

SECTION DEUX – OSCILLOGRAPHES POUR ESSAIS DE CHOC

7. Généralités	16
7.1 Vitesse d'écriture	16
7.2 Réponse à l'échelon et temps de montée	18
7.3 Réponse en fréquence de l'oscillographe	18
8. Prescriptions concernant la précision	18
8.1 Généralités	18
8.2 Prescriptions concernant les caractéristiques de transfert	18
8.3 Prescriptions concernant la précision des dispositifs d'étalonnage	20
8.4 Prescriptions concernant la linéarité	20
8.5 Prescriptions concernant la stabilité	20
8.6 Prescriptions concernant l'ondulation résiduelle	22
8.7 Prescriptions concernant la précision du système de lecture	22
8.8 Limites des perturbations	22
9. Fiche des caractéristiques	22
10. Méthode recommandée pour les mesures avec un oscillographe	24

CONTENTS

FOREWORD	Page 7
PREFACE	7

SECTION ONE – GENERAL

Clause	
1. Scope	9
2. Object	9
3. Conditions of use	9
3.1 Range of operating conditions	9
3.2 Reference conditions	11
4. General definitions	11
4.1 Transfer characteristic	11
4.2 Scale factor	11
4.3 Deflection coefficients	13
4.4 Nominal values of the deflection coefficients	13
4.5 Non-linearity	13
4.6 Instability	13
4.7 Measuring area or scale	13
4.8 Rated deflection or rated scale	13
4.9 Effective screen areas or effective scale	13
4.10 Warm-up time	15
4.11 Absolute and relative error	15
4.12 Individual error and overall error	15
5. Performance characteristics	15
6. Input characteristics	15

SECTION TWO – OSCILLOSCOPES FOR IMPULSE TESTS

7. General	17
7.1 Writing speed	17
7.2 Step response and rise time	19
7.3 Oscilloscope frequency response	19
8. Accuracy requirements	19
8.1 General	19
8.2 Requirements on transfer characteristics	19
8.3 Requirements on the accuracy of the calibration	21
8.4 Requirements on linearity	21
8.5 Requirements on stability	21
8.6 Requirements on ripple	23
8.7 Requirements on the accuracy of the reading process	23
8.8 Limits on interference	23
9. Record of performance	23
10. Recommended procedure for oscilloscope measurements	25

SECTION TROIS – VOLTMÈTRES DE CRÊTE POUR ESSAIS DE CHOC

Articles	Pages
11. Généralités	24
12. Prescriptions concernant la précision	26
12.1 Généralités	26
12.2 Prescriptions concernant les caractéristiques de transfert	26
12.3 Prescriptions concernant la précision des dispositifs d'étalonnage	26
12.4 Prescriptions concernant la linéarité	26
12.5 Prescriptions concernant la stabilité	28
12.6 Prescriptions concernant la durée de mémorisation	28
12.7 Limites des perturbations.	28
13. Fiche des caractéristiques.	28
14. Recommandations pour les mesures à l'aide des voltmètres de crête	30
ANNEXE A – Recommandations supplémentaires pour les oscillographes.	32
ANNEXE B – Précautions à prendre pour l'utilisation d'instruments d'usage général	38
ANNEXE C – Procédure pour les essais fonctionnels	42
ANNEXE D – Essais de perturbations	48
FIGURES	54

SECTION THREE — PEAK VOLTMETERS FOR IMPULSE TESTS

Clause	Page
11. General	25
12. Accuracy requirements	27
12.1 General	27
12.2 Requirements on transfer characteristics	27
12.3 Requirements on accuracy of the calibrators	27
12.4 Requirements on linearity	27
12.5 Requirements on stability	29
12.6 Requirements on storage time	29
12.7 Limits on interference	29
13. Record of performance	29
14. Recommendations for measurements with peak voltmeters	31
APPENDIX A — Special recommendations for oscilloscopes	33
APPENDIX B — Precautions in the use of general purpose instruments	39
APPENDIX C — Procedure for performance tests	43
APPENDIX D — Interference tests	49
FIGURES	54

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

OSCILLOGRAPHES ET VOLTMÈTRES DE CRÊTE POUR ESSAIS DE CHOC

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

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 42 de la CEI: Technique des essais à haute tension.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
42(BC)34	42(BC)35

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

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s
- 51 (1984): Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires (en cours d'impression).
 - 60-2 (1973): Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais.
 - 60-3 (1976): Troisième partie: Dispositifs de mesure.
 - 60-4 (1977): Quatrième partie: Guide d'application des dispositifs de mesure.
 - 351-1 (1976): Expression des qualités des oscillographes cathodiques, Première partie: Généralités.
 - 359 (1971): Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OSCILLOSCOPES AND PEAK VOLTMETERS FOR IMPULSE TESTS

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 standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 42: High-voltage Testing Techniques.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
42(CO)34	42(CO)35

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

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 51 (1984): Direct Acting Indicating Analogue Electrical Measuring Instruments and Their Accessories, (being printed).
- 60-2 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures.
- 60-3 (1976): Part 3: Measuring Devices.
- 60-4 (1977): Part 4: Application Guide for Measuring Devices.
- 351-1 (1976): Expression of the Properties of Cathode-ray Oscilloscopes, Part 1: General.
- 359 (1971): Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.

OSCILLOGRAPHES ET VOLTMÈTRES DE CRÊTE POUR ESSAIS DE CHOC

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux oscillographes analogiques et aux voltmètres de crête utilisés pour les mesures pendant les essais de choc mettant en œuvre des tensions élevées ou de forts courants. Elle traite des caractéristiques et étalonnages particuliers imposés pour respecter les précisions de mesure spécifiées dans la Publication 60-3 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Troisième partie: Dispositifs de mesure. Elle ne traite pas des prescriptions générales des appareils qui sont précisées dans la Publication 351-1 de la CEI: Expression des qualités des oscillographes cathodiques, Première partie: Généralités, et dans la Publication 359 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.

2. Objet

L'objet de la présente norme est:

- de définir les termes particuliers relatifs aux oscillographes et voltmètres de crête utilisés pour les essais de choc;
- de préciser les prescriptions que doivent respecter ces instruments pour permettre des mesures en accord avec les prescriptions relatives aux essais de choc;
- d'indiquer les essais et les méthodes nécessaires pour respecter ces prescriptions.

3. Conditions d'utilisation

3.1 Domaines des conditions de fonctionnement

Les domaines des conditions de fonctionnement indiqués au tableau I sont ceux pour lesquels il convient que l'instrument fonctionne correctement et respecte les prescriptions relatives à la précision après étalonnage.

Toutes exceptions aux valeurs données dans le tableau I doivent être clairement explicitées, en indiquant qu'il s'agit d'exceptions.

TABLEAU I

Conditions de fonctionnement normales pour les instruments alimentés en alternatif

Conditions de fonctionnement	Plage
<i>Conditions liées à l'environnement</i>	
Température ambiante	+5°C à +40°C
Humidité ambiante relative	10% à 90%
<i>Conditions d'alimentation</i>	
Tension du réseau d'alimentation	Tension assignée $\pm 10\%$ (valeur efficace) $\pm 12\%$ (valeur de crête)
Fréquence du réseau d'alimentation	Fréquence assignée $\pm 5\%$

OSCILLOSCOPES AND PEAK VOLTMETERS FOR IMPULSE TESTS

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This standard is applicable to analogue oscilloscopes and to peak voltmeters used for measurements during tests with high impulse voltages and high impulse currents. It covers the specific characteristics and calibrations required to meet the measuring accuracies specified in IEC Publication 60-3 : High-voltage Test Techniques, Part 3: Measuring Devices. It does not cover general instrument requirements because they are dealt with in IEC Publication 351-1: Expression of the Properties of Cathode-ray Oscilloscopes, and in IEC Publication 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.

2. Object

The object of this standard is:

- to define the terms specifically related to the oscilloscopes and peak voltmeters used for impulse tests;
- to specify the necessary requirements for such instruments to ensure their compliance with the requirements for impulse tests;
- to indicate the tests and procedures which are necessary in order to fulfil these requirements.

3. Conditions of use

3.1 Range of operating conditions

The ranges of operating conditions given in Table I are those under which the instrument should operate satisfactorily and should meet the accuracy requirements when it has been calibrated.

Any exceptions to the values given in Table I shall be explicitly and clearly stated with an indication that they are exceptions.

TABLE I

Normal operating conditions for instruments with a.c. power supplies

Operating conditions	Range
<i>Environmental conditions</i>	
Ambient temperature	+5°C to +40°C
Ambient relative humidity	10% to 90%
<i>Supply conditions</i>	
Mains supply voltage	Rated voltage $\pm 10\%$ (r.m.s.) $\pm 12\%$ (a.c. peak)
Mains supply frequency	Rated frequency $\pm 5\%$

Si l'instrument est utilisé dans des conditions différentes de celles qui sont spécifiées au tableau I, des précautions spéciales peuvent être nécessaires.

Le réseau d'alimentation peut avoir des surtensions transitoires superposées à la tension du réseau; il convient de prendre des précautions adéquates pour empêcher qu'elles n'affectent le fonctionnement de l'instrument.

Si l'instrument est alimenté par batteries:

- il doit pouvoir fonctionner sous les conditions d'environnement mentionnées ci-dessus;
- le constructeur doit indiquer le temps de fonctionnement attendu à la température de référence ainsi qu'aux deux températures ambiantes extrêmes;
- le constructeur doit indiquer la plage de tension de batterie dans laquelle l'instrument fonctionne correctement. Il est utile d'avoir un dispositif qui indique que la tension de batterie est trop basse.

3.2 Conditions de référence

Les conditions de référence sont celles sous lesquelles la précision de base de l'instrument doit être spécifiée et sous lesquelles les mesures de la précision de base doivent être faites. Ces conditions sont choisies dans le tableau I de la Publication 351-1 de la CEI et sont données dans le tableau II ci-après.

TABLEAU II
Conditions de référence

Conditions	Valeurs de référence	Tolérance sur les valeurs de référence
Température ambiante	20°C, 25°C	±2°C
Humidité ambiante relative	45% à 75%	
Tension d'alimentation	Tension assignée	±1% (valeur efficace) ±2% (valeur de crête)
Fréquence d'alimentation	Fréquence assignée	±1%

Note. – Il convient d'indiquer la température particulière utilisée comme condition de référence. Il est recommandé d'utiliser la même température lors de la vérification des caractéristiques de base de l'instrument.

4. Définitions générales

4.1 Caractéristique de transfert

La caractéristique de transfert est la relation entre les quantités d'entrée et de sortie de l'instrument, exprimée soit en fonction de la fréquence (réponse en fréquence), soit en fonction du temps (réponse à l'échelon). La caractéristique de transfert est généralement présentée sous une forme normalisée, en donnant la valeur unité à la portion constante de la réponse à l'échelon ou de la réponse en fréquence. Les prescriptions sur les caractéristiques de transfert comprennent l'effet de tout atténuateur interne.

4.2 Coefficient de conversion

Le coefficient de conversion de l'instrument est le facteur par lequel l'indication de sortie est multipliée pour déterminer la valeur mesurée du signal d'entrée de l'instrument. Le coefficient de conversion comprend le rapport de tout atténuateur interne et est soit indiqué par le constructeur, soit déterminé par un étalonnage adéquat.

If the instrument is operated under conditions different from those specified in Table I, special precautions may be necessary.

The mains supply may have transient overvoltages superimposed on it; suitable precautions should be taken to prevent these from affecting the operation of the instrument.

If the instrument is supplied by batteries:

- it shall be capable of operating under the above environmental conditions;
- the manufacturer shall indicate the expected operating time at the reference temperature and also for the two extreme ambient temperature extremes;
- the manufacturer shall indicate the range of battery voltages over which the instrument will operate satisfactorily. It is useful to have a device which indicates when the battery voltage is too low.

3.2 Reference conditions

The reference conditions are those for which the basic accuracy of the instrument shall be specified and under which investigation of the basic accuracy shall be made. These conditions are selected from IEC Publication 351-1, Table I and are given in Table II below.

TABLE II
Reference conditions

Conditions	Reference values	Tolerance on reference values
Ambient temperature	20°C, 25°C	±2°C
Ambient relative humidity	45% to 75%	
Supply voltage	Rated voltage	±1% (r.m.s.) ±2% (peak)
Supply frequency	Rated frequency	±1%

Note. – The specific temperature used as reference condition should be indicated. It is advisable to use the same temperature when checking the basic characteristics of the instrument.

4. General definitions

4.1 Transfer characteristic

The transfer characteristic is the relationship between the input and the output quantities of the instrument expressed either as a function of frequency (frequency response) or time (step response). The transfer characteristic is usually presented in a normalized form by assigning the value of unity to the constant portion of the step or frequency response. The requirements on transfer characteristics include the effect of any built-in attenuator.

4.2 Scale factor

The scale factor of the instrument is the factor by which the output indication is multiplied to determine the measured value of the input signal to the instrument. The scale factor includes the ratio of any built-in attenuator and is either indicated by the manufacturer or determined by appropriate calibration.

4.3 Coefficients de déviation

Le coefficient de déviation de l'instrument est le rapport entre l'intervalle de tension (ou de temps) et la déviation correspondante produite sur l'instrument. Ce coefficient s'applique principalement aux oscillographes.

4.4 Valeurs nominales des coefficients de déviation

Les valeurs nominales des coefficients de déviation sont celles qui correspondent à un état spécifié de l'instrument; elles sont soit indiquées par le constructeur, soit déterminées par un étalonnage adéquat.

Si l'instrument est linéaire, les valeurs nominales des coefficients de déviation sont égales et constantes sur la totalité de l'échelle ou de l'écran de l'instrument.

Si la valeur nominale du coefficient de déviation n'est constante que sur une portion limitée de l'échelle ou de l'écran, l'instrument peut cependant être considéré comme linéaire à condition que la mesure soit faite à l'intérieur de cette portion linéaire.

4.5 Défaut de linéarité

Le défaut de linéarité est la différence entre les coefficients de déviation réels, mesurés en tout point de l'échelle ou de l'écran et leur valeur nominale dans cette zone. Il est généralement exprimé sous la forme d'une erreur relative définie comme le rapport entre cette différence et la valeur nominale du coefficient de déviation. Il ne comprend ni les effets de l'ondulation résiduelle, ni ceux de la limitation de la caractéristique de transfert de l'instrument.

4.6 Instabilité

L'instabilité est toute variation dans le temps des caractéristiques de l'instrument, les conditions ambiantes restant constantes. Elle est généralement exprimée sous la forme d'une erreur relative définie comme le rapport entre la différence avec la valeur nominale et la quantité correspondante. Elle n'inclut pas l'effet d'un changement des conditions de référence.

4.7 Surface ou échelle de mesure

La surface ou échelle de mesure est la partie de l'écran ou de l'échelle à l'intérieur de laquelle les mesures peuvent être faites avec une précision donnée. Elle est indiquée par le constructeur ou déterminée par étalonnage.

Note. – L'utilisation du mot «échelle», dans ce contexte, s'applique aussi bien aux voltmètres de type analogique qu'à ceux du type numérique.

4.8 Déviation assignée ou échelle assignée

La déviation assignée ou l'échelle assignée est la valeur maximale de la déviation ou de l'échelle comprise entre les limites de la surface ou de l'échelle de mesure.

4.9 Surfaces de précision ou échelle de précision

Les surfaces de précision sont les parties de la surface de mesure à l'intérieur desquelles les mesures peuvent être faites avec les précisions spécifiées au paragraphe 8.1. Un exemple de ces surfaces de précision pour les déviations verticale et horizontale est donné à la figure 1, page 54.

L'échelle de précision est la partie de l'échelle de mesure pour laquelle les mesures peuvent être faites avec la précision spécifiée au paragraphe 8.1.

Des mesures peuvent être faites en dehors des surfaces ou de l'échelle de précision, mais avec une précision plus faible.

4.3 *Deflection coefficients*

The deflection coefficient of the instrument is the ratio of the voltage (or time) interval to the corresponding deflection of the instrument. This coefficient refers mainly to oscilloscopes.

4.4 *Nominal values of the deflection coefficients*

The nominal values of the deflection coefficients are those corresponding to a specific setting of the instrument and are either indicated by the manufacturer or determined by proper calibration.

If the instrument is linear the nominal values of the deflection coefficients are equal and constant over the entire scale or screen of the instrument.

If the nominal deflection coefficient is only constant over a limited part of the scale or screen, the instrument may still be considered linear provided the measurement is made within this linear portion.

4.5 *Non-linearity*

Non-linearity is any deviation of the actual deflection coefficient at any part on the scale or screen, from the nominal value for that part. It is usually expressed in the form of relative error defined as the ratio of the deviation to the nominal deflection coefficient. It does not include the effects of either ripple or limitation in the transfer characteristic of the instrument.

4.6 *Instability*

Instability is any variation of the characteristics of the instrument with time. It is usually expressed in the form of relative error, defined as the ratio of the variation to the nominal value of the relevant quantity. It does not include the effect of change in the reference conditions.

4.7 *Measuring area or scale*

The measuring area or scale is the portion of the screen or of the scale within which measurements can be made with defined accuracy. It is indicated by the manufacturer or determined by calibration.

Note. — The use of the word scale in this context applies to analogue and also digital type voltmeters.

4.8 *Rated deflection or rated scale*

The rated deflection or rated scale is the maximum value within the limits of the measuring area or scale.

4.9 *Effective screen areas or effective scale*

The effective screen areas are those parts of the measuring area within which measurements can be made with the accuracies specified in Sub-clause 8.1. An example of these effective screen areas for both vertical and horizontal deflections is shown in Figure 1, page 54.

The effective scale is that part of the measuring scale where measurements can be made with the accuracy specified in Sub-clause 8.1.

Measurements can be made outside the effective screen areas or scale but with lower accuracy.

4.10 Temps de préchauffage

Le temps de préchauffage est mesuré sous les conditions de référence et est l'intervalle de temps compris entre la première mise sous tension de l'instrument et le moment où celui-ci respecte toutes ses prescriptions.

Note. – L'intervalle de temps nécessaire pour respecter toutes les prescriptions relatives à la précision peut être considérablement allongé en cas de conditions de fonctionnement défavorables.

4.11 Erreur absolue et erreur relative

L'erreur absolue est la différence entre la valeur estimée ou mesurée et la valeur vraie. L'erreur relative est le rapport entre cette différence et la valeur vraie, et est souvent exprimée sous la forme d'un pourcentage.

4.12 Erreur individuelle et erreur totale

L'erreur individuelle est l'erreur sur une certaine quantité mesurée ou sur un certain paramètre ou une certaine caractéristique de l'instrument.

L'erreur totale de l'instrument est la combinaison de toutes ses erreurs individuelles. Dans le cas des voltmètres de crête numériques, elle comprend l'erreur additionnelle de ± 1 chiffre. L'erreur totale ne comprend pas les corrections connues, appliquées à la lecture pour obtenir la valeur mesurée.

Les erreurs individuelles ou totales peuvent être exprimées sous la forme de valeurs absolues ou relatives.

5. Caractéristiques de fonctionnement

Les caractéristiques de fonctionnement de l'instrument sont divisées en deux groupes. Le premier comporte les données techniques fournies par le constructeur, ou déterminées par l'utilisateur grâce à un étalonnage approprié, et le second, les caractéristiques vérifiées et mises à jour par l'utilisateur grâce aux essais de fonctionnement.

Les essais sont des essais périodiques effectués pour s'assurer que l'instrument respecte les prescriptions et que ses caractéristiques n'ont pas changé de façon significative avec le temps. Les essais périodiques à long terme sont effectués à intervalles réguliers (par exemple une fois par an) pour vérifier et mettre à jour les caractéristiques de la catégorie A (voir articles 9 et 13). Les essais à court terme sont effectués régulièrement (si nécessaire, chaque jour) pour vérifier que l'instrument fonctionne correctement (catégorie B, voir articles 9 et 13).

Après des réparations importantes, des essais plus complets sont nécessaires pour s'assurer du bon fonctionnement de l'instrument et mettre à jour les caractéristiques modifiées.

Des recommandations pour les procédures d'essais sont données dans les annexes C et D.

Il convient de porter les résultats des essais (excepté ceux de la catégorie B) sur la fiche de caractéristiques qui comprend aussi la liste complète des caractéristiques et qui est conservée et mise à jour par l'utilisateur.

6. Caractéristiques d'entrée

Les instruments peuvent comprendre un atténuateur interne pour fournir une division de la tension ajustable par paliers. Dans ce cas, les prescriptions et définitions s'appliquent à l'instrument y compris l'atténuateur.

4.10 *Warm-up time*

The warm-up time is measured under the reference conditions and is the time interval from when the instrument is first switched on, to when the instrument meets all the requirements.

Note. – The time interval necessary to comply with all accuracy requirements may be considerably extended under adverse operating conditions.

4.11 *Absolute and relative error*

The absolute error is the difference between the estimated or measured value and the true value. The relative error is the ratio of the absolute error to the true value and it is often expressed as a percentage.

4.12 *Individual error and overall error*

The individual error is the error of a specific measured quantity or of a specified parameter or characteristic of the instrument.

The overall error of the instrument is the combination of all its individual errors. In the case of digital peak voltmeters it includes an additional error of ± 1 digit. The overall error does not include known corrections applied to the instrument reading to obtain the measured value.

The individual or overall errors may be expressed as absolute or relative values.

5. **Performance characteristics**

The performance characteristics of the instrument are divided into two groups. The first is technical data supplied by the manufacturer or determined by the user through appropriate calibration, and the second, the characteristics checked and updated by the user in the performance tests.

The performance tests are periodic tests carried out to ensure that the instrument meets the specified requirements and that its characteristics have not changed significantly with time. The long-term periodic tests are performed at regular intervals (for example once a year), to check and update those characteristics listed under category A (see Clauses 9 and 13). The short-term tests are checks performed regularly (if necessary, daily) to verify that the instrument is functioning correctly (category B, see Clauses 9 and 13).

After major repairs, more extensive tests are required to ensure satisfactory operation of the instrument and to update those characteristics affected.

Some recommendations on the test procedures are outlined in Appendices C and D.

The results of the test (except those of category B) should be recorded in the record of performance, which also includes the complete list of technical data, and is retained and maintained by the user.

6. **Input characteristics**

Instruments may include an internal attenuator to provide a stepwise division of voltage. In such a case, the requirements and definitions apply to the instrument including the attenuator.

Il convient que l'impédance d'entrée d'un instrument de mesure de choc soit adaptée à l'impédance du câble coaxial lorsqu'on utilise un diviseur ou un shunt résistant et qu'elle soit aussi élevée que possible lorsqu'on utilise un diviseur capacitif ou mixte. Il convient donc de construire l'instrument avec une impédance d'entrée élevée et d'ajouter, en cas de besoin, un adaptateur intérieur ou extérieur pour obtenir l'impédance de valeur inférieure.

Généralement, une impédance d'entrée équivalente à une résistance au moins égale à $1\text{ M}\Omega$, en parallèle avec une capacité ne dépassant pas 50 pF , est acceptable.

Dans le cas des oscillographes, on doit vérifier que le changement du coefficient de conversion du système de mesure complet, provoqué par l'impédance d'entrée de l'instrument, ne dépasse pas 5% pour le temps le plus long jusqu'à la mi-valeur du choc à mesurer (voir Publication 60-3 de la CEI). Cela peut nécessiter une impédance d'entrée supérieure à $1\text{ M}\Omega$ pour les chocs ayant un long temps de demi-amplitude.

Note. – On devra vérifier que l'influence de la position de l'atténuateur sur l'impédance d'entrée n'affecte pas la précision de la mesure.

SECTION DEUX – OSCILLOGRAPHES POUR ESSAIS DE CHOC

7. Généralités

Les oscillographes utilisés pour les essais de choc peuvent être soit des oscillographes de choc spécialement étudiés pour les mesures de choc, soit des oscillographes d'usage général utilisés avec des précautions adéquates.

Les oscillographes de choc sont essentiellement des instruments bien blindés ayant une grande vitesse d'écriture et un balayage unique pouvant être synchronisé avec le choc. Les oscillographes de choc spéciaux n'ont normalement que des éléments passifs entre les bornes d'entrée et les plaques de déviation, mais des oscillographes munis d'amplificateurs peuvent aussi être utilisés.

Les oscillographes d'usage général, y compris ceux qui sont équipés de sondes sont acceptables pour enregistrer les tensions ou courants de choc à condition qu'ils respectent les prescriptions de la présente norme. Dans la présente norme, il n'est pas fait de distinction entre oscillographes de choc et oscillographes d'usage général. Certaines précautions à prendre sont données dans l'annexe B. Quand un oscillographe est utilisé avec une sonde, celle-ci est considérée comme faisant partie de l'instrument.

Les oscillographes ont soit des systèmes d'étalonnage internes pour vérifier la sensibilité à la tension et la vitesse de balayage, soit un réticule étalonné, ou les deux. Ces systèmes d'étalonnage peuvent comprendre ou non l'étalonnage des atténuateurs internes.

Dans la suite, il est admis que la déviation verticale de l'oscillographe est utilisée pour enregistrer les tensions ou les courants et la déviation horizontale pour le balayage. Parfois, les déviations horizontale et verticale sont toutes deux utilisées pour enregistrer des tensions et des courants. Dans de tels cas, la précision de mesurage du système de déviation horizontale peut être inférieure à celle du système vertical.

Lorsqu'on utilise un oscillographe en liaison avec des voltmètres de crête et que l'on ne s'en sert pas pour effectuer une mesure précise de l'amplitude, il suffit que les prescriptions relatives à la précision des mesures de temps soient respectées.

7.1 Vitesse d'écriture

La vitesse d'écriture est la plus grande vitesse du spot donnant une trace visible sur l'enregistrement dans les conditions d'utilisation spécifiées.

Des conseils sur le choix de la vitesse d'écriture en fonction des essais spécifiques pour lesquels l'instrument est utilisé sont donnés dans l'annexe A.

The input impedance of an impulse measuring instrument should match the impedance of the coaxial cable when used with a resistor divider or shunt and should be as high as possible when used with capacitor or mixed dividers. It is therefore appropriate to construct the instrument with a high input impedance and to provide it with an internal or external adaptor to give the lower impedance when required.

Usually an input impedance equivalent to a resistance of not less than 1 M Ω in parallel with a capacitance of not more than 50 pF is acceptable.

In the case of oscilloscopes it has to be verified that the change in scale factor of the entire measuring system, due to the input impedance of the instrument, does not exceed 5% at the greatest time to half-value of the impulse to be measured (see IEC Publication 60-3). This may require an input impedance greater than 1 M Ω for impulses having a long time to half-value.

Note. — It should be verified that the input impedance of the instrument is not affected by the attenuator setting to such an extent as to upset the accuracy of the measurement.

SECTION TWO – OSCILLOSCOPES FOR IMPULSE TESTS

7. General

The oscilloscopes used for impulse tests may be either impulse oscilloscopes specially designed for impulse measurements or general purpose oscilloscopes used with adequate precautions.

Impulse oscilloscopes are essentially well-screened instruments with a high writing speed and a single-sweep time base which can be triggered in synchronism with the impulse. Special impulse oscilloscopes have normally only passive elements between the input terminals and the deflection plates, but oscilloscopes using amplifiers may also be used.

General purpose oscilloscopes including those equipped with probes are acceptable for recording impulse voltages (currents) provided that they comply with the requirements given in this standard. In this standard no distinction is made between impulse and general purpose oscilloscopes. Some precautions to be taken are given in Appendix B. When an oscilloscope is used with a probe, this probe is considered to be part of the instrument.

Oscilloscopes have either internal calibration devices for the voltage deflection sensitivity and the sweep speed, or calibrated graticule or both. Calibration devices may or may not include the calibration of built-in attenuators.

In the following, it is assumed that the vertical deflection of the oscilloscope is used to record voltages or currents and the horizontal one is for the time sweep. Sometimes both the horizontal and vertical deflections are used to record voltages and currents. In such cases, the measuring accuracy of the horizontal deflection system may be lower than that of the vertical system.

When oscilloscopes are used in connection with peak voltmeters and are not intended to be applied for an accurate measurement of the voltage amplitude, only the requirements on the accuracy of time measurements have to be fulfilled.

7.1 Writing speed

The writing speed is the highest speed of the spot giving a visible trace on the recording under the specified conditions of use.

Recommendations on the selection of the writing speed according to the specific tests for which the instrument is used, are given in Appendix A.

7.2 Réponse à l'échelon et temps de montée

Pour les oscillographes, il est de pratique courante de caractériser la réponse à l'échelon par le temps de montée t_r , qui est l'intervalle de temps nécessaire pour que la réponse à une impulsion rectangulaire passe de 10% à 90% de l'amplitude du palier.

7.3 Réponse en fréquence de l'oscillographe

La réponse en fréquence est définie par les paramètres suivants:

- a) Fréquences de coupure inférieure et supérieure f_1 et f_2
Les fréquences de coupure inférieure et supérieure f_1 et f_2 sont les fréquences pour lesquelles la réponse à une tension d'entrée sinusoïdale constante est atténuée de 3 dB (0,707) par rapport à son niveau approximativement constant.
- b) Bande passante
La bande passante est définie comme la différence entre les fréquences de coupure supérieure et inférieure.

8. Prescriptions concernant la précision

8.1 Généralités

Il convient que l'erreur totale provoquée par l'utilisation de l'oscillographe ne soit pas supérieure à:

- 2,0% de la mesure de la tension (ou courant) de crête,
- 4,0% de la mesure du temps.

Pour rester dans ces limites, il est recommandé de ne pas dépasser, pour des erreurs individuelles, les limites ci-après. Dans certains cas, une ou plusieurs de ces limites peuvent être dépassées à condition que l'erreur totale autorisée ne soit pas dépassée.

Dans de tels cas, l'erreur totale peut être estimée à partir des erreurs individuelles grâce à la méthode statistique donnée dans la Publication 60-4 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Quatrième partie. Guide d'application des dispositifs de mesure.

8.2 Prescriptions concernant les caractéristiques de transfert

Le temps de montée de l'oscillographe doit respecter la condition suivante:

$$t_r \leq \frac{1}{2\pi f_{\max}}$$

où $f_{\max}$ est la plus grande fréquence d'oscillation appréciable pouvant apparaître sur l'objet en essai (voir Publication 60-3 de la CEI).

De plus, t_r ne doit pas être supérieur à $0,03 T_c$, où T_c est le plus petit temps à la coupure que l'on s'attend à mesurer (voir Publication 60-3 de la CEI).

La fréquence de coupure supérieure f_2 ne doit pas être plus faible que $2 f_{\max}$ et la fréquence de coupure inférieure f_1 ne doit pas être plus élevée que $0,005/T_2$, où T_2 est le plus long temps jusqu'à la mi-valeur du choc à mesurer.

Note. — Dans certains cas, les prescriptions ci-dessus peuvent ne pas être suffisantes pour être sûr que la réponse à l'échelon de l'oscillographe convient. Dans de tels cas, il est nécessaire de vérifier que le dépassement de la réponse à l'échelon est inférieur à 10% et que le temps de décroissance est suffisamment long, comparé au plus long temps jusqu'à la mi-valeur du choc à mesurer.

7.2 Step response and rise time

For oscilloscopes it is normal practice to characterize the step response by the rise time t_r which is the time interval within which the response to a rectangular pulse passes from 10% to 90% of its steady-state amplitude.

7.3 Oscilloscope frequency response

The frequency response is defined by the following parameters:

- a) Lower and upper cut-off frequencies f_1 and f_2
The lower and upper cut-off frequencies f_1 and f_2 are the frequencies at which the response to a constant sinusoidal input voltage has fallen by 3 dB (0.707) from the approximately constant level.
- b) Bandwidth
The bandwidth is defined as the difference between the upper and lower cut-off frequencies.

8. Accuracy requirements

8.1 General

The overall error caused by the use of the oscilloscope should be not more than:

- 2.0% in the peak voltage (current) measurement,
- 4.0% in the time measurement.

In order to stay within these limits, recommended limits for individual errors are given below. In some cases, one or more of these limits may be exceeded provided the permitted overall error is not exceeded.

In such cases, the overall error can be estimated from the individual errors by the statistical method given in IEC Publication 60-4: High-voltage Test Techniques, Part 4: Application Guide for Measuring Devices.

8.2 Requirements on transfer characteristics

The rise time of the oscilloscope shall meet the following requirement:

$$t_r \leq \frac{1}{2\pi f_{\max}}$$

where $f_{\max}$ is the highest oscillation frequency of significance that can appear at the test object (see IEC Publication 60-3).

Furthermore, t_r shall be not more than $0.03 T_c$, where T_c is the shortest time to chop (see IEC Publication 60-3) which is expected to be measured.

The upper cut-off frequency f_2 shall be not less than $2f_{\max}$, and the lower cut-off frequency f_1 shall be not more than $0.005/T_2$, where T_2 is the longest time to half value of the impulse to be measured.

Note. – In some cases, the above requirements may not be sufficient to ensure that the step response of the oscilloscope is appropriate. In such cases, it is necessary to ascertain that the overshoot of the step response is lower than 10% and that the decay time is sufficiently long compared to the longest time to half-value of the impulse to be measured.

8.3 Prescriptions concernant la précision des dispositifs d'étalonnage

Les dispositifs d'étalonnage, internes ou externes, utilisés pour les vérifications périodiques pour déterminer la valeur des coefficients de déviation doivent, en principe, avoir une erreur ne dépassant pas 0,5% de chaque valeur d'étalonnage affichée.

Un étalonnage plus précis, avec une erreur aussi faible que 0,1%, peut être obtenu grâce à des dispositifs d'étalonnage utilisés en liaison avec des voltmètres de haute précision.

8.4 Prescriptions concernant la linéarité

L'erreur de linéarité doit, en principe, ne pas être supérieure à 1% pour la déviation verticale (tension) et 2% pour la déviation horizontale (temps) dans le cas où l'on ne donne qu'une valeur des coefficients de déviation de tension ou de temps. Si on utilise plus d'une ligne ou marque d'étalonnage, en plus de la ligne de zéro, l'erreur de linéarité peut être augmentée, en tenant compte de leur nombre et de leur emplacement. En gros, pour des lignes ou marques d'étalonnage régulièrement espacées, l'erreur de linéarité pourrait être augmentée proportionnellement au nombre de lignes ou marques d'étalonnage, sans augmenter l'erreur de mesure résultante, à condition que la déviation mesurée soit comprise entre deux lignes ou marques d'étalonnage.

De même, pour la même erreur de linéarité, si l'on accroît le nombre de lignes ou de marques d'étalonnage, l'erreur de mesure qui en résulte est réduite.

Note. – Etant donné que les défauts de géométrie contribuent au défaut de linéarité, il convient de les réduire au minimum.

8.5 Prescriptions concernant la stabilité

Les variations avec le temps de chaque coefficient de déviation ne doivent pas dépasser les limites données au tableau III.

TABLEAU III

*Limites de l'erreur de stabilité
(sous des conditions de fonctionnement constantes)*

	Oscillographes	
	Avec un dispositif d'étalonnage utilisé à chaque choc (%)	Sans dispositif d'étalonnage utilisé à chaque choc (%)
<i>Affichage vertical</i>		
Erreur de stabilité à court terme	≤1	Pas applicable
Erreur de stabilité à long terme	Pas applicable	≤1
<i>Affichage horizontal</i>		
Erreur de stabilité à court terme	≤2	Pas applicable
Erreur de stabilité à long terme	Pas applicable	≤2

Si le dispositif d'étalonnage est utilisé à chaque choc, toute instabilité à long terme sera détectée par le changement de position des lignes d'étalonnage ou marques de temps.

La prescription concernant la stabilité à court terme doit être respectée au moins pendant 30 min après le temps de préchauffage. La prescription concernant la stabilité à long terme doit être respectée en principe pendant 8 h, mais d'autres durées peuvent être adoptées, en tenant compte des intervalles de temps entre les vérifications d'étalonnage.

8.3 Requirements on the accuracy of the calibration

Calibrators, whether internal or external, used in routine checks to determine the values of the deflection coefficients should have an error of not more than 0.5% of each displayed calibration signal.

More precise calibration, with an error as low as 0.1%, may be obtained by using calibrators in conjunction with high precision voltmeters.

8.4 Requirements on linearity

The linearity error should be not more than 1% for the vertical (voltage) deflection and 2% for the horizontal time deflection, if only one value of the voltage or time deflection coefficients is given. If more than one calibration line or mark is used, in addition to the zero line, the linearity error may increase according to their number and location. Roughly, for equally spaced calibration lines or marks, the linearity error might be increased proportionally to the number of calibration lines or marks, without increasing the resulting measuring error, provided the measured deflection is included between two calibration lines or marks.

In the same manner, for the same linearity error, increasing the number of calibration lines or marks reduces the resulting measuring error.

Note. – Since geometric distortions contribute to the non-linearity, they should be kept to a minimum.

8.5 Requirements on stability

The variation of any deflection coefficient with time shall not exceed the limits given in Table III.

TABLE III
*Limits of stability error
(at constant operating conditions)*

	Oscilloscopes	
	With calibration device used at every impulse (%)	Without calibration device used at every impulse (%)
<i>Vertical display</i>		
Short-term stability error	≤1	Not applicable
Long-term stability error	Not applicable	≤1
<i>Horizontal display</i>		
Short-term stability error	≤2	Not applicable
Long-term stability error	Not applicable	≤2

If the calibration device is used for every impulse, then any long-term instability will be revealed by variation in the position of the calibration lines or time marks.

The requirement concerning short-term stability shall be fulfilled for at least 30 min after the warm-up time interval. The requirement concerning long-term stability shall be fulfilled in principle for 8 h, but other times may be specified according to the time between calibration checks.

Etant donné qu'elle dépend largement du type de construction et des composants utilisés, la stabilité de l'instrument, dans un intervalle de temps spécifié, doit être garantie par le constructeur.

Note. – Si l'atténuateur interne n'est pas inclus dans la vérification faite à l'aide du dispositif d'étalonnage interne, il convient que la stabilité à long terme couvre une période plus longue, par exemple 1 an.

8.6 *Prescriptions concernant l'ondulation résiduelle*

La variation du coefficient de déviation pendant une période de l'ondulation résiduelle de l'alimentation à tension continue ne doit pas, en principe, être supérieure à 0,5%.

8.7 *Prescriptions concernant la précision du système de lecture*

La méthode de lecture de l'oscillogramme ne doit pas, en principe, produire sur la mesure finale une erreur supérieure à 1% de la déviation assignée.

8.8 *Limites des perturbations*

L'écart maximal par rapport à une ligne de référence, mesuré pendant un essai de perturbation comme décrit dans l'annexe D, ne doit pas être supérieur à 1% de la déviation escomptée pour la mesure. Des valeurs plus élevées peuvent être autorisées si la perturbation n'affecte pas la précision de la mesure.

9. **Fiche des caractéristiques**

La liste des caractéristiques techniques qui doivent être spécifiées par le constructeur ou, si nécessaire, déterminées par l'utilisateur grâce à un étalonnage approprié, doit être, autant que possible, conforme à la Publication 351-1 de la CEI.

Cette liste doit indiquer, entre autres caractéristiques, les caractéristiques suivantes dont certaines ont une importance particulière pour l'utilisation spécifique de l'instrument pour les mesures de choc:

- Coefficients de déviation.
- Gamme des temps de balayage.
- Surface de précision.
- Caractéristiques des amplificateurs pour la déviation verticale (le cas échéant).
- Caractéristique de transfert.
- Précision du dispositif d'étalonnage (le cas échéant).
- Stabilité des atténuateurs internes (le cas échéant).
- Stabilité des coefficients de déviation.
- Défaut de linéarité des coefficients de déviation.
- Influence de l'ondulation résiduelle sur les coefficients de déviation.
- Sensibilité aux perturbations.
- Valeur et durée de la tension d'entrée maximale.

Les caractéristiques suivantes seront particulièrement vérifiées lors des essais fonctionnels (pour la signification de A et B, voir article 5).

Essais périodiques à long terme (catégorie A)

- Précision du dispositif d'étalonnage.
- Surface de précision.
- Défaut de linéarité (horizontal et vertical).
- Caractéristique de transfert.

Essais à court terme (catégorie B)

- Coefficients de déviation.

Since it largely depends on the type of construction and components used, the stability of the instrument, for the specified time, shall be guaranteed by the manufacturer.

Note. – If the built-in attenuator is not included in the check made by the internal calibration device, then its long-term stability should cover a much longer period, such as 1 year.

8.6 *Requirements on ripple*

The variation of the deflection coefficient during any ripple cycle of the d.c. supply shall be not more than 0.5%.

8.7 *Requirements on the accuracy of the reading process*

The method of reading the oscillogram shall not produce in the final measurement an error exceeding 1% of the rated deflection.

8.8 *Limits on interference*

The maximum deflection from a reference line measured during an interference test, as described in Appendix D, shall be not more than 1% of the expected deflection for the measurement. Greater values may be permitted if the interference does not affect the accuracy of the measurement.

9. **Record of performance**

As far as applicable the list of technical data to be specified by the manufacturer or, if necessary, determined by the user through appropriate calibration, shall conform to IEC Publication 351-1.

Among others, this list shall include the following quantities some of which are of special importance for the specific use of the instrument for impulse measurements:

- Deflection coefficients.
- Range of sweep times.
- Effective screen area.
- Vertical deflection amplifier characteristics (if applicable).
- Transfer characteristic.
- Accuracy of calibrator (if applicable).
- Stability of built-in attenuators (if applicable).
- Stability of deflection coefficients.
- Non-linearity of deflection coefficients.
- Influence of ripple on deflection coefficients.
- Sensitivity to interference.
- Value and duration of the maximum input voltage.

The following characteristics will be specifically checked in the performance tests (for the meaning of A and B, see Clause 5).

Long-term periodic tests (category A)

- Accuracy of calibrator.
- Effective screen area.
- Non-linearity (horizontal and vertical).
- Transfer characteristic.

Short-term tests (category B)

- Deflection coefficients.

10. Méthode recommandée pour les mesures avec un oscilloscope

Une méthode recommandée pour obtenir des mesures précises est donnée ci-après. Elle peut être utilisée pour la détermination des coefficients de déviation dans les contrôles journaliers (catégorie B, voir article 9) ou pour l'évaluation de chaque enregistrement dans le cas où les spécifications concernant la linéarité ne sont pas rigoureusement respectées.

A condition que les spécifications concernant la stabilité soient respectées, cette méthode procure un degré de précision limité seulement par la précision avec laquelle on connaît les tensions et les temps utilisés pour l'étalonnage, et par la précision avec laquelle on peut lire les déviations correspondantes.

L'oscillogramme d'étalonnage doit comporter cinq traces, toutes obtenues avec le même ajustement de la vitesse de balayage, comme le montre la figure 2, page 55.

Trace 1 – Trace à partir de laquelle on doit déterminer la tension d'entrée de l'oscilloscope.

Trace 2 – Trace comportant les marques de temps.

Trace 3 – Trace obtenue pour une entrée nulle (ligne de zéro).

Trace 4 – Trace montrant la déviation D_l , mesurée à partir de la trace 3, provoquée par une tension U_l connue avec précision, D_l étant plus petite que la déviation maximale D_p de la trace 1.

Trace 5 – Trace montrant la déviation D_h , mesurée à partir de la trace 3, provoquée pour une tension U_h connue avec précision, D_h étant plus grande que D_p .

Note. – Les traces 4 et 5 peuvent être produites par des systèmes d'étalonnage internes ou externes.

La crête de la tension à mesurer est déterminée par:

$$U_p = U_l + \frac{U_h - U_l}{D_h - D_l} (D_p - D_l)$$

Si l'instrument est essentiellement linéaire, on peut omettre la trace 4 ou la trace 5. Dans les autres cas, D_l et D_h doivent être aussi proches de D_p qu'il est nécessaire. Lorsque la spécification concernant la stabilité à court terme est respectée, il suffit de prévoir les traces 4 et 5 sur seulement un petit nombre d'oscillogrammes enregistrés au début et à la fin de chaque série d'enregistrements.

Dans l'exemple, le temps à la coupure du choc est déterminé par:

$$T = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{L_2 - L_1} (L - L_1)$$

SECTION TROIS – VOLTMÈTRES DE CRÊTE POUR ESSAIS DE CHOC

11. Généralités

Les voltmètres de crête utilisés pour les mesures de choc peuvent être soit des voltmètres de crête spécialement étudiés pour les mesures de choc, soit des voltmètres de crête d'usage général utilisés avec des précautions adéquates. Dans la présente norme, il n'est pas fait de distinction entre voltmètres de choc et voltmètres d'usage général.

10. Recommended procedure for oscilloscope measurements

A recommended procedure for obtaining accurate measurements is given below. It can be applied to the determination of the deflection coefficients in the daily check (category B, see Clause 9) or to the evaluation of each oscillogram recording in the case where the requirements on linearity are not strictly met.

Provided the requirements on stability are fulfilled, this procedure results in a degree of accuracy limited only by the precision with which the calibration voltages and times are known, and to which the corresponding deflections can be read.

The calibration oscillogram record shall contain five traces, all obtained with the same setting of the sweep time, as shown in Figure 2, page 55.

Trace 1 – The trace of the voltage, from which the input to the oscilloscope shall be determined.

Trace 2 – The trace of the time marks.

Trace 3 – The trace at zero input (the zero line).

Trace 4 – The trace showing the deflection D_1 , measured from trace 3, of an accurately known voltage U_1 , D_1 being smaller in magnitude than the peak deflection D_p , on trace 1.

Trace 5 – The trace showing the deflection D_h , measured from trace 3, of an accurately known voltage U_h , D_h being larger than D_p .

Note. – Traces 4 and 5 can be produced by internal or external calibrators.

The peak of the voltage to be measured is determined as:

$$U_p = U_1 + \frac{U_h - U_1}{D_h - D_1} (D_p - D_1)$$

If the instrument is essentially linear, either trace 4 or trace 5 can be omitted. In other cases D_1 and D_h shall be as close to D_p as necessary. When the requirement on the short-term stability of the deflection coefficients is met, traces 4 and 5 need to be included in only a few of the oscillogram records, taken at the beginning and at the end of each recording session, respectively.

In the example, the time to chopping of the impulse, is determined as:

$$T = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{L_2 - L_1} (L - L_1)$$

SECTION THREE – PEAK VOLTMETERS FOR IMPULSE TESTS

11. General

Peak voltmeters used for impulse measurements may be either impulse peak voltmeters specially designed for impulse measurements or general purpose peak voltmeters utilized with adequate precautions. In this standard, no distinction is made between impulse and general purpose peak voltmeters.

Un voltmètre de crête mesure la tension maximale du choc. Cependant, la crête maximale d'un choc ne correspond pas toujours à la valeur de la tension d'essais (voir les paragraphes 9.1 à 9.3 de la Publication 60-2 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais). Cet état limite l'utilisation du voltmètre de crête seul, aux cas où l'on sait que la forme d'onde est tout à fait régulière, sans oscillations ni dépassement sur la crête. Dans tous les autres cas, le voltmètre de crête doit être employé en parallèle avec un appareil enregistreur adéquat, habituellement un oscillographe, de façon à pouvoir corriger, si nécessaire, les indications du voltmètre de crête.

L'affichage peut être fait sous une forme numérique ou analogique.

Si un voltmètre de crête est utilisé avec une sonde, celle-ci est considérée comme faisant partie de l'instrument.

12. Prescriptions concernant la précision

12.1 Généralités

Pour respecter les prescriptions concernant l'erreur totale de mesure de la tension (courant) spécifiée dans la Publication 60-3 de la CEI, il convient que l'erreur totale du voltmètre de crête ne dépasse pas 2%. Pour rester à l'intérieur de cette limite pour toutes les tensions égales ou supérieures à 0,5 fois la tension donnant l'échelle assignée, l'instrument doit être au moins de la classe de précision 1 (voir la Publication 51 de la CEI: Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires (en cours d'impression)). On donne ci-après les limites recommandées pour les erreurs individuelles. Dans certains cas, une ou plusieurs de ces limites peuvent être dépassées à condition que l'erreur totale autorisée ne soit pas dépassée. Dans de tels cas, l'erreur totale peut être estimée à partir des erreurs individuelles grâce à la méthode statistique donnée dans la Publication 60-4 de la CEI.

12.2 Prescriptions concernant les caractéristiques de transfert

On peut obtenir une indication des caractéristiques de transfert de l'instrument à partir de l'erreur constatée en mesurant des chocs montant linéairement, coupés sur le front. Cependant, on ne peut pas en général évaluer l'erreur du voltmètre de crête de la même façon que pour un oscillographe, c'est-à-dire au moyen de la réponse à l'échelon ou de la réponse en fréquence. On doit déterminer l'erreur par l'expérience avec des impulsions uniques de différentes formes d'ondes couvrant la plage d'utilisation de l'instrument.

Le constructeur doit indiquer la plage des ondes doubles exponentielles pleines ou coupées après la crête, pour lesquelles l'erreur due aux caractéristiques de transfert n'est pas supérieure à 1%. La plage des chocs coupés sur le front pour lesquels l'erreur n'est pas supérieure à 3% doit aussi être indiquée.

12.3 Prescriptions concernant la précision des dispositifs d'étalonnage

Les dispositifs d'étalonnage, internes ou externes, utilisés pour les vérifications périodiques pour déterminer la valeur du coefficient de conversion doivent avoir une erreur ne dépassant pas 0,5% de chaque valeur d'étalonnage affichée.

12.4 Prescriptions concernant la linéarité

L'erreur de linéarité ne doit pas être supérieure à 1% si l'on n'utilise qu'un niveau d'étalonnage, en plus du niveau zéro.

Pour un plus grand nombre de niveaux d'étalonnage, l'erreur de linéarité autorisée peut être augmentée (voir paragraphe 8.4).

A peak voltmeter measures the highest peak of the impulse. However, the highest peak of an impulse does not always correspond to the value of the test voltage (see IEC Publication 60-2: High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures, Sub-clauses 9.1 to 9.3). This situation limits the use of the peak voltmeter by itself to those cases where the impulse shape is known to be quite smooth with no overshoot or oscillations at the peak. In all other cases, the peak voltmeter must be used in parallel with a suitable recording instrument, usually an oscilloscope, so that the reading of the peak voltmeter can be corrected, if necessary.

The value may be displayed in either digital or analogue form.

If a peak voltmeter is used with a probe, the probe is considered to be part of the instrument.

12. Accuracy requirements

12.1 General

In order to meet the requirements on the overall error in voltage (current) measurement specified in IEC Publication 60-3, the overall error of the peak voltmeter shall not exceed 2%. In order to stay within these limits for all voltages equal to or greater than 0.5 times the rated scale voltage, the instrument shall be of at least class 1 accuracy (see IEC Publication 51: Direct Acting Indicating Analogue Electrical Measuring Instruments and Their Accessories (being printed). Recommended limits for individual errors are given below. In some cases, one or more of these limits may be exceeded provided the permitted overall error is not exceeded. In such cases, the overall error can be estimated from the individual errors by the statistical method given in IEC Publication 60-4.

12.2 Requirements on transfer characteristics

An indication of the transfer characteristics of the instrument can be obtained from the error encountered when measuring linearly rising impulses chopped on the front. The error of the peak voltmeter however cannot in general be evaluated in the same way as for oscilloscopes, i.e. by means of the step or frequency response. The error shall be determined experimentally with single impulses of different shapes covering the range of use of the instrument.

The manufacturer shall indicate the range of double exponential impulses either full or chopped after the peak for which the error due to the transfer characteristics is not more than 1%. The range of front-chopped impulses for which the error is not more than 3% shall also be indicated.

12.3 Requirements on accuracy of the calibrators

Calibrators, whether internal or external, used in routine checks to determine the value of the scale factor shall have an error not exceeding 0.5% of each displayed calibration signal.

12.4 Requirements on linearity

The linearity error shall be not more than 1% if only one calibration level, in addition to the zero level, is provided.

For more calibration levels, the permissible linearity error may increase accordingly (see Sub-clause 8.4).

12.5 Prescriptions concernant la stabilité

La variation avec le temps du coefficient de conversion ne doit pas être supérieure à 1% entre les vérifications d'étalonnage.

12.6 Prescriptions concernant la durée de mémorisation

Suivant le type des voltmètres de crête, l'indication peut, soit rester affichée jusqu'à remise à zéro manuelle ou automatique, soit décroître lentement après le choc. Dans ce dernier cas, le constructeur doit indiquer la durée pour laquelle la décroissance n'est pas supérieure à 1%.

12.7 Limites des perturbations

L'erreur de mesure due aux perturbations électromagnétiques doit être faible en comparaison de l'erreur totale autorisée.

Si la mesure est affectée par la coupure du choc, on doit indiquer clairement que l'instrument ne peut être utilisé que pour mesurer des chocs pleins.

Des méthodes destinées à vérifier la sensibilité aux perturbations sont données dans l'annexe D.

13. Fiche des caractéristiques

La liste des caractéristiques techniques qui doivent être spécifiées par le constructeur ou, si nécessaire, déterminées par l'utilisateur grâce à un étalonnage approprié, doit être, autant que possible, conforme à la Publication 351-1 de la CEI.

Cette liste doit indiquer, entre autres caractéristiques, les caractéristiques suivantes. Certaines d'entre elles ont une importance particulière pour l'utilisation spécifique de l'instrument pour les mesures de choc.

- Coefficient de conversion.
- Echelle de précision.
- Nombre de chiffres (le cas échéant).
- Caractéristique de transfert.
- Précision du dispositif d'étalonnage (le cas échéant).
- Stabilité des atténuateurs internes (le cas échéant).
- Stabilité des coefficients de conversion.
- Défaut de linéarité des coefficients de conversion.
- Temps de mémorisation (le cas échéant).
- Sensibilité aux perturbations.
- Valeur et durée de la tension d'entrée maximale.

Les caractéristiques suivantes seront particulièrement vérifiées lors des essais fonctionnels (pour la signification de A et B, voir article 5).

Essais périodiques à long terme (catégorie A)

- Précision du dispositif d'étalonnage.
- Temps de mémorisation (le cas échéant).
- Défaut de linéarité.
- Plage des formes d'ondes.

Essais à court terme (catégorie B)

- Facteur de conversion.

12.5 *Requirements on stability*

The variation of the scale factor with time between calibration checks shall be not more than 1%.

12.6 *Requirements on storage time*

According to the type of peak voltmeter, the indication may either be displayed until manual or automatic resetting, or decrease slowly after the impulse. In the latter case, the manufacturer shall indicate the time for which the decay is not more than 1%.

12.7 *Limits on interference*

The error in the measurement resulting from electromagnetic interference shall be small compared with the permitted overall error.

If the measurement is affected by the chopping of the impulse it shall be explicitly stated that the instrument may be used only for the measurements of full impulses.

Methods of testing sensitivity to interference are given in Appendix D.

13. **Record of performance**

As far as applicable, the list of technical data to be specified by the manufacturer or, if necessary, determined by the user through appropriate calibration, should conform to IEC Publication 351-1.

Among others, this list shall include the following quantities some of which are of special importance for the specific use of the instrument for impulse measurements.

- Scale factor.
- Usable scale.
- Number of digits (if applicable).
- Transfer characteristic.
- Accuracy of calibrator (if applicable).
- Stability of built-in attenuators (if applicable).
- Stability of scale factors.
- Non-linearity of scale factors.
- Storage time (if applicable).
- Sensitivity to interference.
- Value and duration of the maximum input voltage.

The following characteristics will be specifically checked in the performance tests (for the meaning of A and B, see Clause 5).

Long-term periodic tests (category A)

- Calibrator accuracy.
- Storage time (if applicable).
- Non-linearity.
- Range of impulse shapes.

Short-term tests (category B)

- Scale factor.

14. Recommandations pour les mesures à l'aide des voltmètres de crête

Pour obtenir des mesures précises avec un voltmètre de crête, il convient de respecter les recommandations suivantes:

La position appropriée de l'atténuateur devra être choisie de façon que la mesure se trouve à l'intérieur de l'échelle de précision.

Une vérification de l'étalonnage devra être effectuée à un niveau aussi proche que possible de la tension à mesurer.

Si le voltmètre a une constante de temps de décharge relativement courte, la lecture devra être faite dans un temps aussi court que possible après l'application du choc. Ce temps ne devra pas dépasser le temps maximal autorisé spécifié par le constructeur.

Withdrawing
IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60790:1984

14. Recommendations for measurements with peak voltmeters

In order to obtain accurate measurements with a peak voltmeter, the following recommendations should be followed:

The appropriate attenuator position should be selected in order to perform the measurement within the effective scale.

A calibration check should be made at a level as close as possible to the voltage to be measured.

If the voltmeter has a relatively short discharge time constant, the reading should be noted in as short a time as possible after the application of the impulse. Such time should not exceed the maximum permissible time specified by the manufacturer.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60790:1984

ANNEXE A

RECOMMANDATIONS SUPPLÉMENTAIRES POUR LES OSCILLOGRAPHES

A1. Temps de balayage et vitesse d'écriture

En principe, la gamme des temps de balayage à adopter est déterminée à partir de la forme des tensions à enregistrer (type d'essais). Une indication de temps de balayage pour la déviation totale recommandée pour divers essais normalisés est donnée au tableau AI de la présente annexe.

Une suite convenable des temps de balayage devra être établie avec un rapport d'échelle de 1, 2, 5, 10, etc. et dans la gamme comprise entre 0,5 μ s et 50 ms.

Note. – La gamme totale des temps de balayage peut ne pas être disponible sur un seul instrument, et, en conséquence, deux instruments peuvent être nécessaires pour certains essais.

La vitesse d'écriture à adopter est déterminée par la plus grande raideur de la déviation que l'on veut enregistrer et par la plus grande vitesse de balayage à utiliser. La vitesse d'écriture qui peut être obtenue dépend des caractéristiques de l'oscillographe (tension d'accélération et revêtement fluorescent) et du système d'enregistrement (type de l'appareil photographique, rapport de l'objet à l'image, film utilisé, développement du film).

Les valeurs de vitesse d'écriture sont donc relatives à l'ensemble combiné de l'oscillographe et du système d'enregistrement. Celui-ci doit toujours être précisé quand on donne une vitesse d'écriture.

Le tableau AI donne les valeurs recommandées de la vitesse d'écriture pour les divers essais normalisés considérés, en tenant compte d'une taille «normale» de l'oscillogramme enregistré, de l'ordre de 6 cm $\times$ 10 cm. Si l'enregistrement a de plus faibles dimensions, la vitesse d'écriture requise peut être réduite proportionnellement aux dimensions diminuées.

Les valeurs du tableau AI sont une estimation des valeurs minimales nécessaires pour être sûr que les formes d'ondes considérées sont correctement enregistrées sur l'oscillogramme. Des valeurs plus élevées peuvent être nécessaires pour la mesure de la réponse à l'échelon de l'oscillographe, à moins qu'un générateur d'échelons à répétition ne soit utilisé.

Note. – En plus de la déviation linéaire normale, une déviation permettant une augmentation du temps d'enregistrement peut être utile (balayage logarithmique ou en zigzag).

A2. Niveaux de l'atténuateur

Le choix des niveaux de l'atténuateur doit aussi tenir compte de la nécessité d'obtenir des déviations semblables pour des chocs de différentes valeurs de crête dans le cas des essais consistant à appliquer une série de tels chocs.

Le tableau suivant donne un échelonnement de réglages de l'atténuateur qui s'est avéré pratique:

Niveaux											
Atténuateur	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,4	8,0	10

APPENDIX A

SPECIAL RECOMMENDATIONS FOR OSCILLOSCOPES

A1. Sweep time and writing speed

In principle, the necessary range of sweep times is determined by the shape of the voltages to be recorded (type of tests). An indication of the full deflection times recommended for various standardized tests is given in Table AI of this appendix.

An adequate sequence of sweep time settings should be provided with a ratio of scaling of 1, 2, 5, 10, etc. and the range of 0.5 μ s to 50 ms.

Note. – The overall range of sweep times may not be available on the same instrument and consequently two instruments may be required for some tests.

The necessary writing speed is determined by the highest deflection steepness to be recorded and by the fastest sweep speed to be used. The obtainable writing speed depends on the characteristics of the oscilloscope (accelerating voltage and type of phosphor) and on the recording system used (type of camera, object to image ratio, film material, film processing).

The values of writing speed thus refer to the combined set of oscilloscope plus camera system. The latter shall always be specified when indicating a value of writing speed.

Table AI gives recommended values of the writing speed for the various standardized tests considered, with reference to a “normal” size of the recorded oscillogram, namely 6 cm $\times$ 10 cm. If the recording has a smaller size, then the required values of writing speed may be reduced proportionally to the reduced dimensions.

The values of Table AI are an estimate of the minimum values required to ensure that the considered impulse shapes are properly recorded on the oscillogram. Higher values may be required for the measurement of the step response of the oscilloscope, unless a repetitive step generator is used.

Note. – Besides the normal linear deflection, a deflection permitting an expansion of the time of recording (logarithmic or zigzag) may be useful.

A2. Attenuator steps

The selection of the attenuator steps should also take into account the necessity of obtaining similar deflections with impulses of different peak values, in tests consisting of the application of a series of such impulses.

The following table lists a sequence of attenuator settings which has proved to be practical:

Steps											
Attenuator	1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.4	8.0	10

A3. Surfaces de précision

Les surfaces de précision dépendent essentiellement des erreurs individuelles et de la méthode d'étalonnage (nombre et position des niveaux d'étalonnage).

En admettant que toutes les erreurs individuelles soient conformes à celles qui sont données à l'article 8 et considérant, à titre d'exemple, un seul niveau d'étalonnage en plus de la ligne de zéro, on obtient les zones suivantes:

Axe vertical:

pour un niveau d'étalonnage au voisinage de la moitié de la déviation assignée, la surface de précision est limitée à la partie comprise entre 0,50 et 1 fois la déviation assignée.

Axe horizontal:

pour un marquage de temps au voisinage de 0,5 fois le temps de balayage assigné, la surface de précision est limitée à la partie comprise entre 0,3 et 1 fois le temps de balayage assigné.

La figure 1, page 54, montre les surfaces de précision (parties hachurées), c'est-à-dire les surfaces dans lesquelles les erreurs de mesurage sur la tension et le temps sont dans les limites du paragraphe 8.1. Des mesures peuvent être faites en dehors des surfaces de précision, mais avec une précision plus faible.

Si plus d'un niveau d'étalonnage est prévu pour les deux déviations, on peut accepter des erreurs individuelles plus élevées pour la même surface de précision.

De même, pour les mêmes erreurs individuelles, les surfaces de précision peuvent être augmentées. Cependant, pour augmenter sensiblement les surfaces de précision en dessous de 0,5 pour l'axe vertical et en dessous de 0,3 pour l'axe horizontal, l'erreur de lecture doit être réduite par rapport à la valeur spécifiée au paragraphe 8.7.

A4. Double base de temps

Si des oscillographes à double faisceau sont équipés de deux générateurs de balayage, il peut être souhaitable d'assujettir les deux traces à une base de temps unique pour éliminer l'effet des dérives entre les deux bases.

A5. Epaisseur de la trace

Pour toutes les conditions d'utilisation spécifiées, l'épaisseur de la trace enregistrée ne doit pas, en principe, être supérieure à 2% de la déviation assignée.

A3. Effective screen areas

The effective screen areas depend essentially on the individual errors and on the method of calibration (number and position of calibration levels).

Assuming that all the individual errors are in accordance with the values listed in Clause 8 and considering for the sake of the example only one calibration level in addition to the zero line, the following ranges are obtained:

Vertical axis:

for a calibration level in the vicinity of the centre of the rated deflection, the effective area is restricted to the part between 0.50 and 1 times the rated deflection.

Horizontal axis:

for a time mark in the vicinity of 0.5 of the rated sweep time, the effective area of the screen is restricted to the part between 0.3 and 1 times the rated sweep time.

Figure 1, page 54, shows the effective screen areas (shaded parts) namely the areas in which the errors in voltage and time measurements are within the limits specified in Sub-clause 8.1. Measurements can be made outside the effective screen areas but with lower accuracy.

If more than one calibration level is provided for both deflections, larger individual errors may be accepted for the same effective screen area.

In a similar manner, for the same individual errors, the effective screen areas may be increased. However, to significantly expand the effective area below 0.5 for the vertical axis and below 0.3 for the horizontal axis the reading error shall be reduced with respect to the value specified in Sub-clause 8.7.

A4. Double time base

If double beam oscilloscopes are equipped with two sweep generators, it may be desirable to operate both traces from a single time base, to eliminate time shifts between the two.

A5. Thickness of the recorded trace

For all the specified conditions of use the thickness of the recorded trace should be not more than 2% of the rated deflection.

TABLEAU AI

*Plages recommandées pour les temps de balayage assignés et vitesse d'écriture minimale,
pour différents essais de choc normalisés et différentes mesures*

Essais	Temps de balayage assigné		Vitesse d'écriture minimale (cm/ μ s)
	de	à	
Détermination du temps de réponse par la méthode de l'éclateur à sphères (Publication 60-4 de la CEI) Chocs coupés sur le front T_c compris entre 0,4 μ s et 1 μ s	0,5 μ s	5 μ s	200
Chocs de foudre normalisés 1,2/50 μ s pleins ou coupés sur la queue	1 μ s	200 μ s	50
Courants de choc normalisés 4/10 μ s et 8/20 μ s	1 μ s	200 μ s	50
Chocs de manœuvre normalisés 250/2500 μ s	50 μ s	5 ms	10
Courants de décharge de ligne	50 μ s	5 ms	10
Chocs de manœuvre phase/phase Essais à deux sources: choc de manœuvre/tension alternative	200 μ s	50 ms	10
Essais à deux sources: choc de foudre/tension alternative	1 μ s	50 ms	50
Essais de fonctionnement de parafoudres	1 μ s	50 ms	50

TABLE AI

*Recommended ranges of rated sweep times and minimum writing speed
for various standardized impulse tests and measurements*

Tests	Rated sweep times		Minimum writing speed (cm/ μ s)
	from	to	
Determination of the response time by the sphere gap method (IEC Publication 60-4) Impulses chopped on front; T_c between 0.4 μ s and 1 μ s	0.5 μ s	5 μ s	200
Standard lightning impulses 1.2/50 μ s full or chopped on the tail	1 μ s	200 μ s	50
Standard impulse currents 4/10 μ s and 8/20 μ s	1 μ s	200 μ s	50
Standard switching impulses 250/2500 μ s	50 μ s	5 ms	10
Line discharge currents	50 μ s	5 ms	10
Phase-to-phase switching impulses Switching impulse – AC combined tests	200 μ s	50 ms	10
Lightning impulse – AC combined tests	1 μ s	50 ms	50
Duty cycle tests of surge arresters	1 μ s	50 ms	50

ANNEXE B

PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR L'UTILISATION D'INSTRUMENTS D'USAGE GÉNÉRAL

B1. Généralités

Les instruments d'usage général souffrent généralement de deux inconvénients principaux. Leur blindage n'est généralement pas adapté à l'utilisation dans un laboratoire à haute tension et la précision des dispositifs d'étalonnage intérieurs n'est pas suffisante, eu égard à la précision de mesure prescrite.

En cas de dispositifs d'étalonnage internes, leur précision doit être vérifiée et, en cas de besoin, on les remplacera par des dispositifs d'étalonnage externes de précision adéquate.

B2. Oscillographes

Les oscillographes d'usage général doivent pouvoir fonctionner avec un balayage unique s'ils ont à enregistrer des chocs. Un verrouillage peut être exigé pour éviter des balayages multiples dus aux perturbations. L'erreur étant souvent en dehors des spécifications de l'article 8, des étalonnages complémentaires peuvent être nécessaires.

Les perturbations sont souvent excessives tant sur l'axe vertical que sur l'axe horizontal, spécialement en cas de chocs coupés. Les précautions suivantes peuvent réduire les perturbations à un niveau acceptable:

- Les perturbations dues au champ électromagnétique pénétrant directement dans l'instrument peuvent être réduites en plaçant l'ensemble de l'instrument dans une enveloppe métallique supplémentaire, comportant en particulier des joints raccordés électriquement, et construite en un métal approprié comme l'aluminium ou le cuivre. Il est important de s'assurer, quand on utilise cette technique, que la ventilation de l'instrument n'est pas diminuée; des orifices de ventilation recouverts d'un grillage de cuivre ou d'aluminium doivent être prévus.
- Les perturbations dues aux courants circulant dans la gaine du câble de mesure peuvent être réduites par une mise à la terre adéquate du côté du diviseur de tension, en utilisant des câbles triaxiaux avec la gaine extérieure mise à la terre du côté du diviseur et du côté de l'instrument (ou des câbles placés dans des conduits métalliques reliés aux deux extrémités à la terre locale) et en évitant les boucles entre câble de mesure et retours de terre.
- Les perturbations dues aux différences de potentiel induites ou appliquées entre les extrémités du câble de mesure peuvent être réduites en prévoyant une tension d'entrée aussi élevée que possible, c'est-à-dire en utilisant l'instrument avec son plus grand coefficient de déviation ou en insérant un atténuateur externe entre le câble et l'instrument. L'utilisation de câbles possédant un double blindage, ou placés dans des conduits métalliques (voir ci-dessus) sera aussi efficace, en limitant la différence de potentiel apparaissant entre les bornes du câble.

APPENDIX B

PRECAUTIONS IN THE USE OF GENERAL PURPOSE INSTRUMENTS

B1. General

General purpose instruments usually suffer from two major disadvantages. Their shielding is normally not adequate for use in a high-voltage laboratory and the accuracy of built-in calibrators is not sufficient for the measuring accuracy required.

In the case of internal calibrators, their accuracy shall be checked and if necessary, external calibrators of adequate precision used instead.

B2. Oscilloscopes

General purpose oscilloscopes shall be capable of operating in the single sweep mode for use in recording impulses. A lockout feature may be required to prevent multiple triggering due to interference. The error being often outside the requirements of Clause 8, additional calibrations may be needed.

Interference is generally excessive on both the vertical and horizontal axis, especially in the case of chopped impulses. The following precautions may reduce the interference to an acceptable level:

- Interference due to electromagnetic fields directly penetrating into the instrument may be reduced by placing the entire instrument into an auxiliary metal enclosure having bonded joints, and made of suitable material, such as aluminium or copper. It is important to ensure that the ventilation of the instrument is not impaired when this technique is used and ventilation openings covered with copper or aluminium mesh shall be incorporated.
- Interference due to current flowing in the shield of the measuring cable may be reduced by an adequate earthing at the voltage divider side, by using double coaxial cable with the outer shield grounded at both divider and instrument ends (or cables running into metallic conduits connected at both ends to the local grounds), and by avoiding loops between the measuring cable and the earth returns.
- Interference due to potential differences induced or applied between the terminals of the measuring cable may be reduced by using an input voltage as high as possible, namely by operating the instrument on its maximum deflection coefficient range, or by inserting an external attenuator between the cable and the instrument. Also the use of double-shielded cables or cables placed in metallic conduits (see above) will be effective in limiting the potential difference appearing between the cable terminals.

- Les perturbations provenant du réseau d'alimentation peuvent généralement être réduites en insérant, entre le réseau et l'instrument, un transformateur d'isolement ayant une faible capacité entre enroulements. Il peut être utile d'ajouter entre le transformateur d'isolement et le réseau un filtre haute fréquence ayant une impédance série élevée entre le réseau et le transformateur d'isolement et une impédance parallèle faible entre les bornes du réseau et la terre de façon à dériver à la terre les perturbations venant du réseau.

Il est à noter que le transformateur d'isolement et le filtre mentionnés ci-dessus ont aussi pour effet de limiter les courants circulant entre le circuit de mesure et la terre de la ligne d'alimentation, à travers la gaine du câble et les masses internes de l'instrument.

B3. Voltmètres de crête

Ces instruments sont en général sujets au même type de perturbations que les oscillographes, y étant même plus sensibles. On doit suivre des approches semblables à celles qui sont précisées ci-dessus.

Note. – Contrairement aux oscillographes, il est impossible de dire, à partir de la lecture de l'appareil, si les perturbations affectent la mesure. Par conséquent, il est extrêmement important de minimiser les effets des perturbations.

- Interference coming from the mains supply can usually be reduced by inserting an isolating transformer with low interwinding capacitance between the instrument and the mains supply. It may be useful to add, between the isolating transformer and the mains, a high frequency filter in order to provide a high series impedance between the mains and the isolating transformer and a low parallel impedance between the mains terminals and ground, so that the interference coming from the mains is further shunted to earth.

Note that the isolating transformer and the filter mentioned above may also act in the sense of limiting the currents flowing from the measuring system, through the cable shield and the instrument internal grounds, to the power line ground.

B3. Peak voltmeters

These instruments are in general subjected to the same type of interference as oscilloscopes, being even more sensitive. Similar approaches to those outlined above shall be taken.

Note. – Unlike oscilloscopes, it is impossible to tell from the instrument reading if the interference affects the measurement. Consequently, it is of extreme importance that interference effects be minimized.

ANNEXE C

PROCÉDURE POUR LES ESSAIS FONCTIONNELS

C1. Généralités

Cette annexe donne quelques directives pour la mesure de quelques caractéristiques de l'instrument conduisant à des erreurs individuelles telles que précision des dispositifs d'étalonnage, caractéristiques relatives à la déviation et caractéristiques de transfert.

C2. Oscillographes

– Précision du dispositif d'étalonnage

Les dispositifs d'étalonnage internes pour la mesure de tension sont vérifiés par comparaison avec une tension connue avec précision. Dans certains cas, il s'agit d'une tension continue, tandis que d'autres fois il s'agit d'une onde de forme carrée.

Les dispositifs d'étalonnage pour la déviation horizontale (temps de balayage) produisent habituellement des marquages de temps, ou des oscillations sinusoïdales, ou des impulsions décroissantes. Cela peut généralement être vérifié en reliant à l'entrée verticale, soit un générateur précis de marquage de temps, soit une tension sinusoïdale de fréquence connue, et en comparant la fréquence ou les marquages de temps affichés avec ceux qui sont donnés par le dispositif d'étalonnage interne.

Les vérifications des précisions des dispositifs d'étalonnage pour chacune des déviations verticale et horizontale sont considérées comme faisant partie de la catégorie A (voir article 5).

– Caractéristiques relatives à la déviation

La méthode de détermination des différentes caractéristiques relatives à la déviation, telle que coefficients de déviation, défaut de linéarité, etc., est fondée sur l'application à l'instrument de signaux d'entrée connus et la mesure des déviations qui en résultent.

Pour déterminer les caractéristiques relatives à la déviation verticale, on applique une série de tensions connues avec précision et on mesure les déviations correspondantes. En plus de la ligne de zéro, ces tensions doivent être comprises entre le niveau donnant une déviation sensiblement égale à 10% de l'échelle assignée et le niveau donnant 100%. La ligne de zéro ne doit pas comporter de marquage de temps, car le zéro apparent du marquage de temps peut être décalé par rapport à la vraie position du zéro. Le nombre de niveaux nécessaires dépend du degré de non-linéarité de la déviation. Pour les instruments pratiquement linéaires, de huit à dix niveaux sont suffisants, mais si l'application de ces tensions indique que les spécifications de précision de l'article 8 ne sont pas respectées, des niveaux supplémentaires seront nécessaires.

Quand l'oscillographe a une impédance d'entrée élevée, on peut utiliser des tensions continues comme signal d'entrée; mais pour les instruments avec une faible impédance d'entrée, on doit appliquer des impulsions de tension pour ne pas surcharger les circuits d'entrée. Quand on utilise des

APPENDIX C

PROCEDURE FOR PERFORMANCE TESTS

C1. General

This appendix gives some guidance for the measurement of some characteristics of the instrument giving rise to individual errors, such as precision of the calibrators, deflection and transfer characteristics.

C2. Oscilloscopes

– *Calibrator accuracy*

Internal calibrators for voltage measurement are checked by comparison with a known accurate voltage. In some cases, this is a d.c. voltage while in others it is a voltage having a square waveshape.

The calibrators for the horizontal deflection (sweep time) usually consist of time marks, sinusoidal oscillations or pulses of decaying oscillations. These can usually be checked by connecting either an accurate time mark generator or a sinusoidal voltage of known frequency to the vertical input and comparing the frequency or the timing marks with those from the internal calibrator.

Checks of calibrator accuracies for both vertical and horizontal deflections are considered to be in category A (see Clause 5).

– *Deflection characteristics*

The method of determining the various deflection characteristics such as the deflection coefficients, non-linearity, etc., is based on applying known inputs to the instrument and measuring the resulting deflections.

To determine the vertical deflection characteristics, a series of accurately known voltages are applied and the resulting deflections measured. In addition to the zero line, the voltages should range from that level giving about 10% of the rated deflection to that giving 100%. The zero line shall be made without time marks since the apparent zero of the time marks may be shifted from the true zero position. The number of levels required will depend on the degree of non-linearity of the deflection. For instruments which are essentially linear, eight to ten levels are sufficient but if the application of this number of levels indicates that the accuracy requirements of Clause 8 are not met, additional levels will be required.

When the oscilloscope has a high input impedance, d.c. voltages may be used for the input but for instruments with low impedance input, voltage pulses must be used to avoid overloading the input circuitry. When voltage pulses are used, the pulse shall have a flat portion on top and the voltage

impulsions de tension, l'impulsion doit comporter une partie plate à son maximum, et le niveau de tension de ce plateau doit être connu avec précision. La partie plate de l'impulsion peut recouvrir la plus grande partie de l'écran, ou seulement une partie réduite. Dans ce dernier cas, on doit pouvoir décaler l'impulsion latéralement, de façon que l'étalonnage soit fait sur toute la surface de l'écran pour tenir compte des défauts de géométrie. Cette dernière procédure n'est nécessaire que pour le premier étalonnage ou après remplacement du tube cathodique. Par la suite, une seule position de l'impulsion est généralement suffisante. On utilise cette technique pour étalonner les lignes du réticule s'il y en a ou pour vérifier l'étalonnage d'un dispositif d'étalonnage interne et pour déterminer le nombre de niveaux d'étalonnage nécessaires.

Les étalonnages, mentionnés ci-dessus, doivent être effectués avec une seule position des réglages de l'instrument tels que intensité, astigmatisme, focalisation, etc. Ensuite, on doit examiner, pour un coefficient de déviation particulier, l'effet produit par le changement de ces réglages.

Les coefficients de déviation de nombreux oscillographes dépendent de la polarité ou sont affectés par la polarisation des plaques. En conséquence, on devra effectuer les mesures appropriées des caractéristiques relatives à la déviation.

La méthode de détermination des caractéristiques relatives à la déviation horizontale est, dans son principe, la même que pour la déviation verticale. Cependant, on connecte, dans ce cas, au circuit de déviation verticale un générateur de marquage de temps ou un oscillateur haute fréquence et on mesure les intervalles de temps le long de l'axe horizontal. Les intervalles de temps doivent être assez nombreux pour être sûr que la précision requise à l'article 8 est respectée de la même façon que dans le cas des niveaux de tension pour la déviation verticale. Cet étalonnage doit être fait en balayage unique. Si l'essai de vérification de l'effet du réglage de l'intensité, de l'astigmatisme, de la focalisation, etc., indique une influence de ces réglages sur la déviation verticale, la position de ces réglages doit être notée pour chaque temps de balayage.

Dans le cas où les essais ci-dessus indiquent que les coefficients de déviation ne sont dans les tolérances autorisées que sur une partie de l'écran, les facteurs de coefficient nominaux pour cette partie de l'écran sont déterminés en faisant la moyenne des coefficients de déviation réels dans cette portion. La détermination des caractéristiques de déviation verticale et horizontale est considérée comme faisant partie de la catégorie B.

— *Caractéristiques de transfert*

Une méthode de détermination des caractéristiques de transfert de l'instrument consiste à mesurer sa réponse à l'échelon comme décrit dans la Publication 60-4 de la CEI. Cependant, pour les oscillographes, on connecte le générateur d'échelons basse tension directement aux bornes d'entrée de l'instrument ou à travers une résistance d'adaptation du câble de mesure. Contrairement au cas des circuits de mesure complets, on n'a pas besoin de modifier les circuits; aussi, on obtient la vraie réponse de l'instrument. La détermination des caractéristiques de transfert est considérée comme faisant partie de la catégorie A.

— *Atténuateurs*

On peut déterminer les rapports des atténuateurs de la même façon que pour les diviseurs de tension (voir Publication 60-4 de la CEI). Pour vérifier les caractéristiques de transfert d'un atténuateur, on applique un échelon basse tension à l'entrée de l'atténuateur et on mesure la sortie avec un oscillographe précis, sensible et ayant une impédance d'entrée élevée. Les caractéristiques de transfert de l'ensemble oscillographe plus atténuateur doivent être comprises dans les limites données à l'article 8.

level of this portion shall be accurately known. The flat portion of the pulse may extend over most of the screen width or only a small portion of it. In this latter case, provision shall be made to shift the pulse laterally so that calibration can be made over the entire screen width to take into account geometrical distortions. This latter procedure is only necessary for an initial calibration or when the cathode-ray tube is replaced. Thereafter, one position of the pulse is usually sufficient. This technique is used to calibrate the graticule lines when a graticule is used or to check the calibration of an internal calibrator and determine the number of calibration levels required.

The above calibrations should be carried out with one setting of such instrument controls as intensity, astigmatism, focus, etc. Then for one particular deflection coefficient, the effect of changing these controls should be examined.

Many oscilloscopes have vertical deflection coefficients which are polarity sensitive or affected by the biasing of the plates. Consequently, appropriate measurement of the deflection characteristics should be made.

The method of determining the horizontal deflection characteristics is basically the same as for the vertical ones. However, in this case either a time mark generator or a high frequency oscillator is connected to the vertical deflection system and the time intervals along the horizontal axis measured. The time intervals should be sufficiently numerous to ensure that the accuracy specified in Clause 8 is met as in the case of voltage levels for the vertical deflection. This calibration should be done on single sweep. If the test of the effect of intensity setting, astigmatism, focus, etc., on the vertical deflection characteristics indicate sensitivity to these settings, the specific settings of these controls shall be recorded for each sweep time.

Where the above tests indicate that the deflection coefficients are within the permissible tolerances for only a portion of the screen, the nominal deflection coefficients for that portion are determined by averaging the actual deflection coefficients for that portion. The determination of the vertical and horizontal deflection characteristics are considered to be in category B.

— *Transfer characteristics*

One method of determining the transfer characteristics is to measure the step response of the instrument in the manner described in IEC Publication 60-4. However, for oscilloscopes the low-voltage step generator is connected directly to the input terminals of the instrument or through a matching resistor to the input end of the measuring cable connected to the instrument. Since no modifications to the system are required as in the case of complete measuring systems, the true step response of the instrument is obtained. The determination of the transfer characteristics is considered to be in category A.

— *Attenuators*

The ratios of attenuators may be determined in the same manner as that used for determining the divider ratio (see IEC Publication 60-4). To check the transfer characteristics of an attenuator, the output is measured with a sensitive precision oscilloscope having a high input impedance when a low-voltage step is applied to the input of the attenuator. The combined transfer characteristics of the oscilloscope plus attenuator shall be within the limits given in Clause 8.

C3. Voltmètres de crête

– Précision du dispositif d'étalonnage

On vérifie la tension du dispositif d'étalonnage, soit en la comparant à une tension connue avec précision, soit en la mesurant à l'aide d'un instrument précis ayant une impédance d'entrée suffisamment élevée pour ne pas modifier la tension. Les vérifications des dispositifs d'étalonnage sont considérées comme faisant partie de la catégorie A (voir article 5).

– Caractéristiques de déviation

On détermine les différentes caractéristiques telles que coefficients de déviation ou coefficients de conversion, échelle utilisable, etc., d'une manière semblable à celle qui est utilisée pour la déviation verticale d'un oscillographe. On utilise des impulsions de tension des deux polarités et d'amplitudes connues. Les impulsions doivent avoir un temps de front et un temps jusqu'à la mi-valeur au voisinage du milieu de la gamme des valeurs d'utilisation de l'instrument.

– Caractéristiques de transfert

En raison du principe de fonctionnement des voltmètres de crête, on doit déterminer les caractéristiques de transfert en utilisant la gamme d'impulsions uniques des deux polarités pour laquelle l'instrument sera utilisé.

On peut effectuer cette détermination à haute tension en comparant avec une mesure faite simultanément à l'aide d'un oscillographe étalonné avec précision (l'oscillographe doit avoir une fréquence supérieure de coupure d'au moins 20 MHz). Si l'on effectue la détermination en injectant des impulsions à basse tension après l'atténuateur, les caractéristiques de transfert de l'atténuateur doivent être vérifiées séparément.

– Atténuateurs

On peut vérifier les atténuateurs pour voltmètres de crête d'une manière semblable à celle qui a été décrite pour les oscillographes.