

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61083-1

Deuxième édition
Second edition
2001-06

**Appareils et logiciels utilisés pour les mesures
pendant les essais de choc à haute tension –**

**Partie 1:
Prescriptions pour les appareils**

**Instruments and software used for measurement
in high-voltage impulse tests –**

**Part 1:
Requirements for instruments**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61083-1:2001

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61083-1

Deuxième édition
Second edition
2001-06

**Appareils et logiciels utilisés pour les mesures
pendant les essais de choc à haute tension –**

**Partie 1:
Prescriptions pour les appareils**

**Instruments and software used for measurement
in high-voltage impulse tests –**

**Part 1:
Requirements for instruments**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application.....	10
1.2 Références normatives	10
1.3 Termes et définitions	12
1.3.1 Définitions générales	12
1.3.2 Définitions spécifiques pour les enregistreurs numériques et les oscilloscopes analogiques	14
1.3.3 Définitions spécifiques relatives aux enregistreurs numériques	14
1.4 Conditions d'utilisation.....	18
1.5 Calibrage et méthodes d'essais	18
1.5.1 Calibrage par impulsions.....	18
1.5.2 Calibrage par échelon	20
1.5.3 Constance du coefficient de conversion dans l'intervalle de temps.....	22
1.5.4 Base de temps.....	22
1.5.5 Temps de montée	22
1.5.6 Caractéristique de variation de tension des oscilloscopes analogiques	22
1.5.7 Détermination des non-linéarités statiques différentielles et intégrales.....	24
1.5.8 Non-linéarité différentielle en régime dynamique.....	24
1.5.9 Niveau de bruit interne.....	24
1.5.10 Perturbations	24
1.6 Impédance d'entrée.....	26
2 Enregistreurs numériques pour les essais de choc.....	26
2.1 Prescriptions pour les mesures d'impulsions.....	26
2.1.1 Prescriptions pour les enregistreurs numériques utilisés dans des systèmes de mesure approuvés	26
2.1.2 Prescriptions individuelles.....	26
2.1.3 Prescriptions pour les enregistreurs numériques utilisés dans les systèmes de mesure reconnus	30
2.1.4 Essais.....	30
2.1.5 Fiche de caractéristiques	34
3 Oscilloscopes analogiques pour les essais de choc	36
3.1 Prescriptions pour les mesures de choc.....	36
3.1.1 Prescriptions pour les oscilloscopes analogiques utilisés dans des systèmes de mesure approuvés	36
3.1.2 Prescriptions individuelles.....	36
3.1.3 Essais.....	38
3.1.4 Fiche de caractéristiques	40
4 Voltmètres de crête pour les essais de choc	42
4.1 Prescriptions pour les mesures d'impulsions.....	42
4.1.1 Prescriptions générales pour les voltmètres de crête	42
4.1.2 Prescriptions individuelles.....	42
4.1.3 Essais.....	44
4.1.4 Fiche de caractéristiques	46

CONTENTS

FOREWORD	7
1 General	11
1.1 Scope	11
1.2 Normative references	11
1.3 Terms and definitions	13
1.3.1 General definitions	13
1.3.2 Definitions specific for digital recorders and analogue oscilloscopes	15
1.3.3 Definitions specific for digital recorders	15
1.4 Operating conditions	19
1.5 Calibration and test methods	19
1.5.1 Impulse calibration	19
1.5.2 Step calibration	21
1.5.3 Constancy of scale factor within time interval	23
1.5.4 Time base	23
1.5.5 Rise time	23
1.5.6 Voltage deflection characteristic of analogue oscilloscopes	23
1.5.7 Determination of static differential and integral non-linearities	25
1.5.8 Differential non-linearity under dynamic conditions	25
1.5.9 Internal noise level	25
1.5.10 Interference	25
1.6 Input impedance	27
2 Digital recorders for impulse tests	27
2.1 Requirements for impulse measurements	27
2.1.1 Requirements for digital recorders used in approved measuring systems	27
2.1.2 Individual requirements	27
2.1.3 Requirements for digital recorders used in reference measuring systems	31
2.1.4 Tests	31
2.1.5 Record of performance	35
3 Analogue oscilloscopes for impulse tests	37
3.1 Requirements for impulse measurements	37
3.1.1 Requirements for analogue oscilloscopes used in approved measuring systems	37
3.1.2 Individual requirements	37
3.1.3 Tests	39
3.1.4 Record of performance	41
4 Peak voltmeters for impulse tests	43
4.1 Requirements for impulse measurements	43
4.1.1 General requirements for peak voltmeters	43
4.1.2 Individual requirements	43
4.1.3 Tests	45
4.1.4 Record of performance	47

Annexe A (normative) Méthode de détermination des non-linéarités des enregistreurs numériques	54
Annexe B (normative) Perturbations électromagnétiques dans les laboratoires haute tension	60
Annexe C (normative) Méthode de calibrage pour oscilloscopes analogiques – Calibrage séparé de la tension et du temps	66
Annexe D (informative) Analyse de la forme d'onde de choc	68
Figure 1 – Non-linéarité intégrale $s(k)$ pour l'indication de sortie k	48
Figure 2 – Non-linéarité différentielle $d(k)$ et pas de quantification $w(k)$ dans des conditions statiques	48
Figure 3 – Calibrage par comparaison	50
Figure 4 – Calibrages séparés de la tension et du temps	50
Figure 5 – Calibrage par échelon	52
Figure A.1 – Détermination des non-linéarités	58
Figure B.1 – Injection du courant dans l'écran du câble	64
Figure B.2 – Application des champs électrique et magnétique	64
Tableau 1 – Conditions de fonctionnement	18
Tableau 2 – Prescriptions pour les générateurs d'impulsions de référence	20
Tableau 3 – Essais requis pour les enregistreurs numériques	32
Tableau 4 – Essais requis pour les oscilloscopes analogiques	38
Tableau 5 – Essais requis pour les voltmètres de crête	44

Annex A (normative) Procedure for determination of non-linearities of a digital recorder	55
Annex B (normative) Electromagnetic interference in high-voltage laboratories	61
Annex C (normative) Calibration method for analogue oscilloscopes – Separate calibration of voltage and time.....	67
Annex D (informative) Analysis of impulse waveform.....	69
Figure 1 – Integral non-linearity $s(k)$ at code k	49
Figure 2 – Differential non-linearity $d(k)$ and code bin width $w(k)$ under d.c. conditions.....	49
Figure 3 – Calibration by comparison	51
Figure 4 – Separate calibration of voltage and time	51
Figure 5 – Step calibration	53
Figure A.1 – Determination of non-linearities.....	59
Figure B.1 – Current injection into the shield of the cable.....	65
Figure B.2 – Application of electric and magnetic fields.....	65
Table 1 – Operating conditions.....	19
Table 2 – Requirements for reference impulse generators.....	21
Table 3 – Tests required for digital recorders.....	33
Table 4 – Tests required for analogue oscilloscopes.....	39
Table 5 – Tests required for peak voltmeters.....	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILS ET LOGICIELS UTILISÉS POUR LES MESURES PENDANT LES ESSAIS DE CHOC À HAUTE TENSION –

Partie 1: Prescriptions pour les appareils

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61083-1 a été établie par le comité d'études 42 de la CEI: Technique des essais à haute tension.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1991 dont elle constitue une révision technique. Cette édition remplace également la première édition de la CEI 60790 publiée en 1984.

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
42/164/FDIS	42/166/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSTRUMENTS AND SOFTWARE USED FOR MEASUREMENT
IN HIGH-VOLTAGE IMPULSE TESTS –****Part 1: Requirements for instruments****FOREWORD**

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

International Standard IEC 61083-1 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage testing techniques.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1991 of which it constitutes a technical revision. This edition also replaces the first edition of IEC 60790 published in 1984.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

FDIS	Report on voting
42/164/FDIS	42/166/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

En cas de divergence entre la version française et la version anglaise, l'anglais fait foi.

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

Les mots en **gras** sont définis en 1.3.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

L'annexe D est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2008. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

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

Words in **bold** are defined in 1.3.

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annex D is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

APPAREILS ET LOGICIELS UTILISÉS POUR LES MESURES PENDANT LES ESSAIS DE CHOC À HAUTE TENSION –

Partie 1: Prescriptions pour les appareils

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61083 est applicable aux **enregistreurs numériques**, y compris aux oscilloscopes numériques, aux **oscilloscopes analogiques** et aux **voltmètres de crête** utilisés pour les mesures pendant les essais de choc mettant en œuvre des tensions ou des courants de choc élevés. Elle spécifie les caractéristiques de mesure et les calibrages prescrits pour satisfaire aux procédures et précisions de mesure spécifiées dans la CEI 60060-2.

Cette partie

- spécifie les termes particuliers spécifiques aux **enregistreurs numériques**, aux **oscilloscopes analogiques** et aux **voltmètres de crête**;
- donne les prescriptions nécessaires pour ces appareils afin d'assurer leur conformité aux prescriptions relatives aux essais de choc mettant en œuvre des tensions ou des courants de choc élevés, et
- donne les essais et procédures nécessaires pour satisfaire à ces prescriptions.

Seuls les **enregistreurs numériques** permettant l'accès aux **données brutes** stockées de stockages permanents ou temporaires sont traités dans la présente norme. Les **données brutes** et les informations d'échelle correspondantes peuvent être

- imprimées graphiquement, ou
- mémorisées en format numérique.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61083. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61083 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60060-2:1994, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*
Amendement 1 (1996)

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais transitoires d'immunité aux électriques rapides en salves*.
Publication fondamentale en CEM

INSTRUMENTS AND SOFTWARE USED FOR MEASUREMENT IN HIGH-VOLTAGE IMPULSE TESTS –

Part 1: Requirements for instruments

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 61083 is applicable to **digital recorders**, including digital oscilloscopes, **analogue oscilloscopes** and **peak voltmeters** used for measurements during tests with high impulse voltages and high impulse currents. It specifies the measuring characteristics and calibrations required to meet the measuring uncertainties and procedures specified in IEC 60060-2.

This part

- defines the terms specifically related to **digital recorders**, **analogue oscilloscopes** and **peak voltmeters**,
- specifies the necessary requirements for such instruments to ensure their compliance with the requirements for high-voltage and for high-current impulse tests, and
- establishes the tests and procedures necessary to demonstrate their compliance.

Only **digital recorders** that permit access to **raw data** from permanent or temporary storage are covered by this standard. The **raw data**, with relevant scaling information, may be

- printed graphically, or
- stored in digital format.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61083. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61083 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2:1994, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*
Amendment 1 (1996)

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test*. Basic EMC Publication

1.3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61083, les termes et définitions suivants s'appliquent:

1.3.1 Définitions générales

1.3.1.1

enregistreur numérique

instrument, y compris un oscilloscope numérique, qui peut enregistrer temporairement, sous forme numérique, une onde de choc haute tension ou un courant de choc élevé et qui peut convertir cet enregistrement temporaire en un enregistrement permanent. L'enregistrement numérique peut être affiché sous la forme d'une courbe analogique

NOTE La forme d'onde peut être affichée sur un écran, marquée ou imprimée. Ce procédé peut modifier la forme d'onde en raison de la technologie impliquée.

1.3.1.2

oscilloscope analogique

instrument qui peut enregistrer temporairement, sous forme analogique une onde de choc haute tension ou un courant de choc élevé et qui peut convertir cet enregistrement temporaire en un enregistrement permanent. L'enregistrement permanent peut être affiché sous la forme d'une courbe ou d'une photographie de l'écran de l'oscilloscope

1.3.1.3

voltmètre de crête

instrument qui peut mesurer la valeur de crête d'une onde de choc haute tension ou d'un courant de choc élevé sans dépassement de courte durée ou oscillation haute fréquence (voir article 4)

1.3.1.4

durée de préchauffage

durée s'écoulant entre l'instant de première mise sous tension de l'instrument et celui où il satisfait à toutes ses prescriptions opérationnelles

1.3.1.5

domaine de fonctionnement

domaine de la tension d'entrée pour lequel l'instrument peut être utilisé dans les limites d'incertitudes données dans la présente norme

1.3.1.6

indication de sortie d'un instrument

1.3.1.6.1

indication de sortie d'un enregistreur numérique

valeur numérique enregistrée par un **enregistreur numérique** à un instant spécifique

1.3.1.6.2

indication de sortie d'un oscilloscope analogique

déplacement du faisceau d'un **oscilloscope analogique** à un instant spécifique

1.3.1.6.3

indication de sortie d'un voltmètre de crête

affichage d'un **voltmètre de crête**

1.3.1.7

décalage

sortie d'un instrument correspondant à une entrée nulle

1.3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 61083, the following terms and definitions apply.

1.3.1 General definitions

1.3.1.1

digital recorder

instrument, including a digital oscilloscope, which can make a temporary digital record of a high-voltage or high-current impulse, that can be converted into a permanent record. The digital record can be displayed in the form of an analogue graph

NOTE The waveform may be displayed on a screen, plotted or printed. This process may change the appearance of the waveform due to the processing involved.

1.3.1.2

analogue oscilloscope

instrument, which can make a temporary analogue record of a scaled high-voltage or high-current impulse, that can be converted into a permanent record. The permanent record can be displayed in the form of a graph or photograph of the screen of the oscilloscope

1.3.1.3

peak voltmeter

instrument, which can measure the peak value of a scaled high-voltage or high-current impulse without short-duration overshoot or high-frequency oscillation (see clause 4)

1.3.1.4

warm-up time

time interval from when the instrument is first switched on to when the instrument meets operational requirements

1.3.1.5

operating range

range of input voltage for which the instrument can be used within the uncertainty limits given in this standard

1.3.1.6

output of an instrument

1.3.1.6.1

output of a digital recorder

numerical value recorded by a **digital recorder** at a specific instant

1.3.1.6.2

output of an analogue oscilloscope

deflection of the trace of an **analogue oscilloscope** at a specific instant

1.3.1.6.3

output of a peak voltmeter

display of a **peak voltmeter**

1.3.1.7

offset

output of an instrument for zero input

1.3.1.8

déviati on pleine échelle

tension d'entrée minimale correspondant à la valeur nominale maximale de sortie de l'instrument dans le domaine spécifié

1.3.1.9

non-linéarité de l'amplitude

écart entre l'indication de sortie réelle d'un instrument et la valeur nominale, déterminé par la division de la tension d'entrée par le **coefficient de conversion**

NOTE La non-linéarité statique pour une tension d'entrée continue peut être différente de la non-linéarité dynamique.

1.3.1.10

coefficient de conversion

coefficient par lequel l'indication de sortie, **décalage** d'origine déduit, est multipliée pour déterminer la valeur du signal d'entrée mesuré. Le **coefficient de conversion** inclut les atténuateurs internes et externes; il est déterminé par calibrage

1.3.1.10.1

coefficient de conversion statique

coefficient de conversion pour une tension d'entrée continue

1.3.1.10.2

coefficient de conversion dynamique

coefficient de conversion pour une tension d'entrée représentant la forme du choc approprié

1.3.2 Définitions spécifiques pour les enregistreurs numériques et les oscilloscopes analogiques

1.3.2.1

temps de montée

intervalle de temps pour lequel la réponse à un échelon passe de 10 % à 90 % de son amplitude permanente

1.3.2.2

coefficient de conversion de temps

facteur par lequel l'intervalle mesuré à partir de l'enregistrement est multiplié pour déterminer la valeur de cet intervalle de temps

1.3.2.3

non-linéarité de la base de temps

écart des **coefficients de conversion de temps** mesuré en différentes parties du faisceau ou de l'enregistrement numérique par rapport à leur valeur moyenne

1.3.3 Définitions spécifiques relatives aux enregistreurs numériques

1.3.3.1

résolution assignée r

la **résolution assignée** s'exprime par l'inverse de deux élevé à la puissance du nombre assigné de bits N du convertisseur analogique/numérique, soit $r = 2^{-N}$

1.3.3.2

fréquence d'échantillonnage

nombre d'échantillons enregistrés par unité de temps

NOTE La période d'échantillonnage est l'inverse de la **fréquence d'échantillonnage**.

1.3.1.8**full-scale deflection**

minimum input voltage, which produces the nominal maximum output of the instrument in the specified range

1.3.1.9**non-linearity of amplitude**

deviation of the actual **output of an instrument** from the nominal value, which is determined by dividing the input voltage by the **scale factor**

NOTE The static non-linearity for a d.c. input voltage may be different from the non-linearity under dynamic condition.

1.3.1.10**scale factor**

factor by which the output corrected for **offset** is multiplied in order to determine the measured value of the input quantity. The **scale factor** includes the ratio of any built-in or external attenuator and is determined by calibration

1.3.1.10.1**static scale factor**

scale factor for a direct voltage input

1.3.1.10.2**impulse scale factor**

scale factor for an input representing the shape of the relevant impulse

1.3.2 Definitions specific for digital recorders and analogue oscilloscopes**1.3.2.1****rise time**

time interval within which the response to an applied step passes from 10 % to 90 % of its steady-state amplitude

1.3.2.2**time-scale factor**

factor by which the interval measured from the record is multiplied in order to determine the value of that time interval

1.3.2.3**non-linearity of time base**

variation of the **time-scale factors** measured in different parts of the trace or digital record from their mean value

1.3.3 Definitions specific for digital recorders**1.3.3.1****rated resolution r**

rated resolution is expressed by the reciprocal of two to the power of the rated number of bits N of the A/D converter, namely $r = 2^{-N}$

1.3.3.2**sampling rate**

number of samples taken per unit of time

NOTE The sampling time interval is the reciprocal of the **sampling rate**.

1.3.3.3

longueur de l'enregistrement

durée de l'enregistrement exprimée soit en une unité de temps soit en nombre total d'échantillons

1.3.3.4

donnée brute

enregistrement original d'une information échantillonnée et quantifiée obtenu lorsqu'un **enregistreur numérique** convertit un signal analogique en un signal numérique

La correction de **décalage** de la sortie pour obtenir un enregistrement fondé sur zéro est admise si l'on multiplie l'enregistrement par un **coefficient de conversion** constant. Les enregistrements traités de cette manière sont tout de même considérés comme des **données brutes**

NOTE 1 Cette information peut être fournie sous forme binaire, octale, hexadécimale ou décimale.

NOTE 2 Il convient que l'information de conversion relative à l'enregistrement numérique soit aussi conservée.

1.3.3.5

donnée traitée

donnée obtenue par n'importe quel procédé (autre que la correction de **décalage** et/ou la multiplication par un **coefficient de conversion** constant) à partir d'une **donnée brute**

NOTE Les **enregistreurs numériques** qui ne permettent pas l'accès aux données brutes ne sont pas couverts par la présente norme.

1.3.3.6

valeur de base

valeur de la sortie de la portion plate d'origine de l'enregistrement d'un choc. Moyenne d'au moins 20 échantillons de la portion plate de l'enregistrement

1.3.3.7

caractéristique de quantification

caractéristique montrant la relation entre la sortie de l'**enregistreur numérique** et la tension d'entrée continue fournissant cette sortie (voir figure 1)

NOTE La pente moyenne de la **caractéristique de quantification** est égale à l'inverse du **coefficient de conversion statique**.

1.3.3.8

indication de sortie k

nombre entier utilisé pour identifier un niveau numérique

1.3.3.9

pas de quantification $w(k)$

plage de la tension d'entrée correspondant à l'**indication de sortie k** (voir figure 2)

1.3.3.10

pas de quantification moyen w_0

produit de la **déviati on pleine échelle** par la **résolution assignée** (voir figure 2)

NOTE Le **pas de quantification moyen** est environ égal au **coefficient de conversion statique**.

1.3.3.11

non-linéarité intégrale $s(k)$

écart entre les points correspondant à la **caractéristique de quantification** mesurée et à la **caractéristique de quantification** idéale qui se fonde sur le **coefficient de conversion statique** (voir figure 1)

1.3.3.3**record length**

duration of the record expressed either in a time unit or as the total number of samples

1.3.3.4**raw data**

original record of sampled and quantized information obtained when a **digital recorder** converts an analogue signal into a digital form

The correction of the output for **offset** to give a zero-based record is permitted, as is multiplying the record by a constant **scale factor**. Records processed in this way are still considered as **raw data**

NOTE 1 This information may be made available in binary, octal, hexadecimal or decimal form.

NOTE 2 The scaling information relevant to the digital record should also be stored.

1.3.3.5**processed data**

data obtained by any processing (other than correction for **offset** and/or multiplying by a constant **scale factor**) of the **raw data**

NOTE **Digital recorders**, which do not allow access to the **raw data**, are not covered by this standard.

1.3.3.6**base line**

value of the output of the recorder during the initial flat part of the record of the impulse. It is the mean of at least 20 samples in the initial flat part of the record

1.3.3.7**quantization characteristic**

characteristic showing the relationship between the output of the **digital recorder** and the direct voltage on the input which produces this output (see figure 1)

NOTE The average slope of the **quantization characteristic** is equal to the reciprocal of the **static scale factor**.

1.3.3.8**code k**

integer used to identify a digital level

1.3.3.9**code bin width $w(k)$**

range of input voltage allocated to **code k** (see figure 2)

1.3.3.10**average code bin width w_0**

product of the **full-scale deflection** and the **rated resolution** (see figure 2)

NOTE The **average code bin width** is approximately equal to the **static scale factor**.

1.3.3.11**integral non-linearity $s(k)$**

difference between corresponding points on the measured **quantization characteristic** and on the ideal **quantization characteristic** that is based on the **static scale factor** (see figure 1)

1.3.3.12

non-linéarité différentielle $d(k)$

différence entre la valeur mesurée d'un **pas de quantification** et la valeur d'un **pas de quantification moyen**, le tout divisé par le **pas de quantification moyen** (voir figure 2)

$$d(k) = \frac{w(k) - w_0}{w_0}$$

1.4 Conditions d'utilisation

Le domaine des conditions de fonctionnement indiqué dans le tableau 1 est celui pour lequel l'instrument doit fonctionner et satisfaire aux prescriptions d'exactitude spécifiées pour cet instrument.

Tableau 1 – Conditions de fonctionnement

Conditions	Plage
Environnement	
Température ambiante	5 °C à 40 °C
Humidité ambiante relative (sans condensation)	10 % à 90 %
Alimentation	
Tension d'alimentation	Tension assignée ±10 % (valeur efficace) Tension assignée ±12 % (valeur de crête, courant alternatif)
Fréquence d'alimentation	Fréquence assignée ±5 %

Toute exception aux valeurs données dans le tableau 1 doit être clairement explicitée dans la fiche de caractéristiques, en indiquant qu'il s'agit d'une exception.

1.5 Calibrage et méthodes d'essais

1.5.1 Calibrage par impulsions

Le calibrage par impulsions est la méthode de référence pour déterminer le **coefficient de conversion d'impulsion** des **enregistreurs numériques**, des **oscilloscopes analogiques** et des **voltmètres de crête**. C'est aussi la méthode de référence de vérification du paramètre temporel à partir des enregistrements des **enregistreurs numériques** et des **oscilloscopes analogiques**. Les prescriptions relatives aux impulsions de référence de calibrage pour le calibrage des instruments utilisées dans les systèmes de mesures reconnus sont données dans le tableau 2. Les formes d'ondes sont choisies dans le tableau 2 selon le type et la polarité de la haute tension et des courants élevés à mesurer. La valeur de crête et les paramètres temporels des impulsions de calibrage appliquées doivent être dans les limites du tableau 2, et les valeurs réelles doivent être conservées dans l'enregistrement de performance.

La polarité des impulsions calibrées doit être celle de l'impulsion à mesurer. La sortie correspondant à l'impulsion calibrée doit être évaluée pour au moins 10 impulsions. La variation maximale des valeurs de crête de sortie à partir de leur valeur moyenne doit être inférieure à 1 % de la valeur moyenne. Le **coefficient de conversion d'impulsion** est le quotient de la valeur de crête d'entrée par la valeur crête moyenne des sorties.

Les paramètres temporels d'au moins 10 impulsions doivent être évalués. L'écart maximal de chaque paramètre temporel doit être inférieur à 2 % de la valeur moyenne.

1.3.3.12**differential non-linearity $d(k)$**

difference between a measured **code bin width** and the **average code bin width** divided by the **average code bin width** (see figure 2):

$$d(k) = \frac{w(k) - w_0}{w_0}$$

1.4 Operating conditions

The range of operating conditions given in table 1 are those under which the instrument shall operate and meet the accuracy requirements specified for the instrument.

Table 1 – Operating conditions

Condition	Range
Environment	
Ambient temperature	5 °C to 40 °C
Ambient relative humidity (non-condensing)	10 % to 90 %
Mains supply	
Supply voltage	Rated voltage ± 10 % (r.m.s.) Rated voltage ± 12 % (a.c. peak)
Supply frequency	Rated frequency ± 5 %

Any exceptions to the values given in table 1 shall be explicitly and clearly stated in the record of performance with an indication that they are exceptions.

1.5 Calibration and test methods**1.5.1 Impulse calibration**

Impulse calibration is the reference method to establish the **impulse scale factor** of approved **digital recorders**, **analogue oscilloscopes** and **peak voltmeters**. It is also the reference method to check the time parameter determination from the records of **digital recorders** and **analogue oscilloscopes**. Requirements on reference calibration impulses for calibrating instruments used in approved measuring systems are given in table 2. The waveshapes are chosen from table 2 according to the type and polarity of the high voltage or current impulses to be measured. The peak value and time parameters of the applied calibration impulses shall be within the limits given in table 2, and the actual values shall be entered in the record of performance.

The polarity of the calibration impulses shall be that of the impulse to be measured. The output corresponding to the calibration impulse shall be evaluated for at least 10 impulses. The maximum deviation of the output peak values from their mean value shall be less than 1 % of the mean value. The **impulse scale factor** is the quotient of the input peak value and the mean peak value of the outputs.

The time parameters of at least 10 impulses shall be evaluated. The maximum deviation of each time parameter shall be less than 2 % of the mean value.

Ce calibrage d'impulsion doit être effectué pour chaque domaine d'essais. Il est recommandé de prendre soin de ne pas surcharger les dispositifs avec une impédance de sortie faible.

NOTE Un **enregistreur numérique** peut être calibré pour un courant de choc exponentiel utilisant le choc de foudre plein d'un générateur de choc de référence et pour un choc de manœuvre en onde 10/350 μ s (le courant de choc 10/350 μ s est à l'étude et sera inclus dans la révision de la série CEI 60060).

Tableau 2 – Prescriptions pour les générateurs d'impulsions de référence

Type de choc	Paramètre mesuré	Valeur	Incertitude ¹⁾ %	Stabilité à court terme ²⁾ %
Choc de foudre plein et coupé normal	Durée jusqu'à mi-valeur	55 μ s à 65 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Durée du front	0,8 μ s à 0,9 μ s	≤ 2	$\leq 0,5$
	Tension de crête	Dans le domaine de fonctionnement	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$
Choc de foudre coupé sur le front	Durée jusqu'à la coupure	0,45 μ s à 0,55 μ s	≤ 2	≤ 1
	Tension de crête	Dans le domaine de fonctionnement	≤ 1	$\leq 0,2$
Choc de manœuvre	Durée jusqu'à la crête	15 μ s à 300 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Durée jusqu'à mi-valeur	2 600 μ s à 4 200 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Tension de crête	Dans le domaine de fonctionnement	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$
Impulsion rectangulaire	Durée	0,5 ms à 3,5 ms	≤ 2	$\leq 0,5$
	Valeur de crête	Dans le domaine de fonctionnement	≤ 2	≤ 1
¹⁾ L'incertitude est déterminée conformément à l'annexe H de la CEI 60060-2 par un calibrage tracé avec une succession moyenne d'au moins 10 impulsions. ²⁾ La stabilité à court terme est l'écart-type d'une série d'au moins 10 chocs.				

1.5.2 Calibrage par échelon

Une tension continue V_{CAL} , connue à 0,1 % dans le **domaine de fonctionnement** de l'instrument, est appliquée en entrée et ensuite court-circuitée à la terre par un sectionneur approprié, de préférence utilisant un relais à mercure. La transition résultante au niveau zéro est enregistrée comme sortie $O(t)$ (un exemple est illustré à la figure 5) et est évaluée dans l'intervalle de temps spécifié en 1.5.3. Plusieurs enregistrements de la réponse peuvent être moyennés pour réduire le bruit aléatoire. L'écart entre les valeurs de l'échantillon $O(t)$ et leurs valeurs moyennes O_s doit être dans les limites du **coefficient de conversion** spécifié (voir 1.5.3). Au moins 10 enregistrements doivent être réalisés de cette manière. L'écart entre chacune des 10 valeurs de O_s et leur moyenne totale O_{sm} doit aussi être dans les limites spécifiées du **coefficient de conversion**. Le **coefficient de conversion d'impulsion** est le quotient de la tension d'entrée V_{CAL} sur O_{sm} . Le **temps de montée** du pas doit être inférieur à 10 % de la limite la plus basse de l'intervalle de temps spécifié en 1.5.3.

Ce calibrage de tension doit être effectué pour chaque plage d'essais d'utilisation. Il est recommandé de prendre soin de ne pas surcharger les enregistreurs avec une impédance de sortie faible.

Cet essai doit être réalisé en utilisant les deux polarités. Si les **coefficients de conversion** déterminés sont dans la plage ± 1 %, cette méthode est valable. Sinon, le calibrage de choc conforme à 1.5.1, de polarité appropriée, doit être utilisé.

This impulse calibration shall be made on each range of use for tests. Care should be taken to avoid overloading the devices with low input impedance.

NOTE A **digital recorder** can be calibrated for an exponential current impulse using the full lightning impulse of a reference impulse generator, and switching impulse for 10/350 impulse current (the 10/350 μ s impulse current is under consideration for inclusion in the future revision of the IEC 60060 series).

Table 2 – Requirements for reference impulse generators

Impulse type	Parameter being measured	Value	Uncertainty ¹⁾ %	Short-term stability ²⁾ %
Full and standard chopped lightning impulse	Time-to-half value	55 μ s to 65 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Front time	0,8 μ s to 0,9 μ s	≤ 2	$\leq 0,5$
	Peak voltage	Within operating range	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$
Front chopped lightning impulse	Time-to-chopping	0,45 μ s to 0,55 μ s	≤ 2	≤ 1
	Peak voltage	Within operating range	≤ 1	$\leq 0,2$
Switching impulse	Time-to-peak	15 μ s to 300 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Time-to-half value	2 600 μ s to 4 200 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Peak voltage	Within operating range	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$
Rectangular impulse	Duration	0,5 ms to 3,5 ms	≤ 2	$\leq 0,5$
	Peak value	Within operating range	≤ 2	≤ 1
¹⁾ The uncertainty is determined in accordance with annex H of IEC 60060-2 by a traceable calibration where the mean of a sequence of at least 10 impulses is evaluated.				
²⁾ The short-term stability is the standard deviation of a sequence of at least 10 impulses.				

1.5.2 Step calibration

A direct voltage V_{CAL} , which is known to within 0,1 % and within the **operating range** of the instrument, is applied to the input and then short-circuited to ground by an appropriate switching device, preferably based on a mercury-wetted relay. The resultant transition to zero level is recorded as the output $O(t)$ (an example is shown in figure 5) and evaluated within the time interval specified in 1.5.3. Several records of the response may be averaged to reduce the random noise. The deviation of the sample values $O(t)$ from their mean O_s shall be within the limits specified for the **scale factor** when t ranges within the time interval given in 1.5.3. At least 10 records of steps shall be evaluated in this manner. The deviation of each of the 10 O_s values from their overall mean, O_{sm} , shall also be within the limits specified for the **scale factor**. The **impulse scale factor** is the quotient of the input voltage V_{CAL} and O_{sm} . The **rise time** of the step shall be less than 10 % of the lower limit of the time interval specified in 1.5.3.

This voltage calibration shall be made in each range of use for tests. Care should be taken to avoid overloading of recorders with low input impedance.

This test shall be done using both polarities. If the **scale factors** determined agree to within ± 1 %, then this method is valid. If not, impulse calibration according to 1.5.1 of appropriate polarity shall be used.

1.5.3 Constance du coefficient de conversion dans l'intervalle de temps

Une tension continue dans le **domaine de fonctionnement de l'enregistreur numérique** ou de **l'oscilloscope analogique** est appliquée en entrée et ensuite court-circuitée à la terre par un sectionneur approprié, de préférence utilisant un relais à mercure. La transition résultante du niveau zéro à la réponse indicielle est enregistrée et est évaluée dans les intervalles de temps suivants:

0,5 T_1 à $T_{2\max}$	pour des chocs de foudre complets et des courants de choc exponentiels;
0,5 T_c à T_c	pour des impulsions coupées sur le front;
0,5 T_p à $T_{2\max}$	pour des chocs de manœuvre et des courants de choc de 10/350 μs ;
0,5 $(T_t - T_d)$ à T_i	pour des impulsions de courant triangulaires.

Dans ces intervalles de temps, le réglage de niveau de la réponse à l'échelon doit être constant dans les limites spécifiées pour le **coefficient de conversion d'impulsion**.

Plusieurs enregistrements de la réponse peuvent être moyennés pour diminuer le bruit aléatoire.

Le calibrage de la constance du **coefficient de conversion** doit être effectué pour chaque plage d'utilisation d'essais.

NOTE T_1 , T_2 et T_c sont définis dans la CEI 60060-1. $T_{2\max}$ est la valeur maximale de T_2 , qui est à mesurer par le système.

1.5.4 Base de temps

La base de temps de l'instrument est calibrée en utilisant un générateur de temps ou un oscillateur à haute fréquence. Les valeurs du **coefficient de conversion de temps** doivent être enregistrées pour un temps de balayage approximatif de 20 %, 40 %, 60 %, 80 % et 100 %.

Le calibrage de la base de temps doit être effectué pour chaque **fréquence d'échantillonnage** utilisée lors des essais.

1.5.5 Temps de montée

Appliquer à l'entrée un échelon dont le temps de montée est inférieur à 20 % du temps de montée limite de l'instrument. Mesurer le temps de montée de la sortie entre 10 % et 90 % du niveau permanent. L'amplitude de l'échelon doit être de (95 ± 5) % de la **déviati on pleine échelle**.

Le temps de montée doit être déterminé pour chaque réglage vertical utilisé pour les essais.

1.5.6 Caractéristique de variation de tension des oscilloscopes analogiques

Des tensions continues de 0 %, 10 %, 20 %, 100 % de la **déviati on pleine échelle** sont appliquées à l'oscilloscope. Pour chaque tension d'entrée, la variation verticale de la trace est mesurée. Le rapport entre la variation verticale et la tension d'entrée continue est la caractéristique de variation à partir de laquelle le coefficient de variation de tension est déterminé.

NOTE La caractéristique de variation mesurée pour une entrée donnée est généralement représentative pour toutes les plages. L'influence des atténuateurs est déterminée par le calibrage d'impulsion (voir 1.5.1 ou 1.5.2). Il convient d'éviter une surcharge thermique de l'oscilloscope utilisé avec une impédance d'entrée faible.

1.5.3 Constancy of scale factor within time interval

A direct voltage within the **operating range** of the **digital recorder** or **analogue oscilloscope** is applied to the input and then short-circuited to ground by an appropriate switching device, preferably based on a mercury-wetted relay. The resultant transition to zero level of the step response is recorded and evaluated within the following time intervals:

$0,5 T_1$ to $T_{2\max}$ for full lightning impulses and exponential current impulses;

$0,5 T_c$ to T_c for front-chopped impulses;

$0,5 T_p$ to $T_{2\max}$ for switching impulses, and 10/350 μs current impulses;

$0,5 (T_t - T_d)$ to T_t for rectangular current impulses.

Within these time intervals, the settling level of the recorded step response shall be constant within the limits specified for the **impulse scale factor**.

Several records of the response may be averaged to reduce the random noise.

This **scale factor** constancy calibration shall be made in each range used for tests.

NOTE T_1 , T_2 and T_c are defined in IEC 60060-1. $T_{2\max}$ is the maximum value of T_2 , that is to be measured by the system.

1.5.4 Time base

The time-base of the instrument is calibrated using a time-mark generator or a high-frequency oscillator. Values of the **time-scale factor** shall be measured from the record at approximately 20 %, 40 %, 60 %, 80 % and 100 % of the time sweep.

This time-base calibration shall be made in each **sampling rate** used for tests.

1.5.5 Rise time

Apply a step with a rise time which is less than 20 % of the limit specified for the instrument. Measure the rise time of the output as the time from 10 % to 90 % of the settling level. The amplitude of the applied step shall be (95 ± 5) % of the **full-scale deflection**.

This rise-time shall be determined for each vertical setting used for tests.

1.5.6 Voltage deflection characteristic of analogue oscilloscopes

Direct voltages from 0 %, 10 %, 20 % ... 100 % of the **full-scale deflection** are applied to the oscilloscope. For each input voltage, the vertical deflection of the trace is measured. The relationship between the vertical deflection and the input is the deflection characteristic from which the voltage deflection coefficient is determined.

NOTE The deflection characteristic measured for a given input range is, in general, representative for all ranges. The influence of the attenuators is determined by impulse calibration (see 1.5.1 or 1.5.2). Care should be taken to avoid thermal overloading of low-input impedance attenuators.

1.5.7 Détermination des non-linéarités statiques différentielles et intégrales

Une tension continue de $0,2.n.2^{-N}$ **dévi**ation pleine échelle est appliquée à l'entrée basse tension de l'enregistreur où n est augmenté de 1 à 5.2^N . Pour chacune des tensions continues d'entrée, un enregistrement de la sortie est effectué et la moyenne d'au moins 100 échantillons est calculée. Le rapport entre les valeurs moyennes de sortie et d'entrée est la **caractéristique de quantification** à partir de laquelle les non-linéarités statiques intégrales et différentielles sont déterminées (voir figures 1 et 2). Une procédure de détermination de ces non-linéarités est à l'annexe A.

NOTE Les non-linéarités différentielles et intégrales mesurées pour une entrée donnée sont généralement représentatives pour toutes les plages de l'enregistreur numérique. L'influence des atténuateurs est déterminée par le calibrage d'impulsion (voir 1.5.1 ou 1.5.2). Il convient d'éviter une surcharge thermique de l'atténuateur à basse impédance.

1.5.8 Non-linéarité différentielle en régime dynamique

Appliquer un signal triangulaire symétrique à l'entrée basse tension de l'enregistreur. L'amplitude d'enregistrement basse tension doit être égale à $(95 \pm 5) \%$ de la **dévi**ation pleine échelle. La pente doit être supérieure ou égale à la **dévi**ation pleine échelle divisée par $0,4 T_x$ (pour T_x , voir 2.1.2.1). La fréquence du signal rectangulaire ne doit pas être un harmonique de la fréquence d'échantillonnage. Enregistrer le signal et calculer l'histogramme d'apparition de chaque niveau numérique de sortie. Répéter M fois cette action et calculer l'histogramme cumulé. M doit être suffisamment élevé pour que la moyenne d'apparition soit supérieure ou égale à 100.

Il convient que cette procédure donne un histogramme avec une partie approximativement uniforme et des pics élevés sur chaque extrémité. Cette partie uniforme doit être supérieure ou égale à 80 % de la **dévi**ation pleine échelle. L'écart entre chaque point et la valeur moyenne et cette partie approximativement uniforme divisé par cette moyenne donne la **non-linéarité différentielle**.

NOTE La **non-linéarité différentielle** en régime dynamique mesurée pour une plage d'entrée donnée est généralement représentative pour tous les domaines de l'enregistreur numérique. L'influence d'un atténuateur est déterminée par le calibrage d'impulsion ou d'échelon (voir 1.5.1 ou 1.5.2). Il convient de ne pas surcharger thermiquement l'enregistreur en utilisant une faible impédance d'entrée.

1.5.9 Niveau de bruit interne

1.5.9.1 Enregistreurs numériques

Une tension continue dans la plage de l'enregistreur numérique doit être appliquée. Suffisamment d'enregistrements doivent être effectués avec une **fréquence d'échantillonnage** spécifiée de façon à obtenir 1 000 échantillons. L'écart-type de ces échantillons est pris égal au niveau de bruit interne.

NOTE Ces données peuvent être obtenues lors de la détermination des non-linéarités différentielles ou intégrales statiques conformément à l'annexe A.

1.5.9.2 Oscilloscopes

Une tension continue dans la plage de l'oscilloscope doit être appliquée avec un balayage spécifié. La moitié de la variation crête-crête de la déviation verticale est prise égale au niveau du bruit interne.

1.5.10 Perturbations

Les essais de perturbation conformément à B.3.1 doivent être effectués.

1.5.7 Determination of static differential and integral non-linearities

A direct voltage of $0,2 \cdot n \cdot 2^{-N}$ **full-scale deflection** is applied to the recorder low-voltage input where n is increased from 1 to $5 \cdot 2^N$. For each d.c. input voltage, a record of the output is taken and the mean of at least 100 samples is calculated. The relationship between the mean output and input values is the **quantization characteristic** from which the static integral and differential non-linearities are determined (see figures 1 and 2). A procedure of determination of these non-linearities is given in annex A.

NOTE The differential and integral non-linearities measured for a given input range is, in general, representative for all ranges of the **digital recorder**. The influence of any attenuator is determined by impulse or step calibration (see 1.5.1 or 1.5.2). Care should be taken to avoid thermal overloading of low-input impedance attenuators.

1.5.8 Differential non-linearity under dynamic conditions

Apply a symmetrical triangular wave to the recorder low-voltage input. The amplitude shall be within $(95 \pm 5) \%$ of **full-scale deflection**. The slope shall be greater than or equal to $f.s.d/0,4T_x$, where f.s.d. is the **full-scale deflection** (for T_x , see 2.1 2.1). The frequency of the triangular wave shall not be harmonically related to the sampling frequency. Take a record and calculate a histogram of the occurrence of every digital level. Repeat M times and calculate the cumulative histogram. M shall be large enough so that the mean value of the occurrence is greater than or equal to 100.

This procedure should produce a histogram with an approximately uniform part and large peaks on each side. This uniform part shall be larger than or equal to 80 % **full-scale deflection**. The deviation of each point from the average over this approximately uniform part divided by this average gives the **differential non-linearity**.

NOTE The dynamic **differential non-linearity** measured for a given input range is, in general, representative for all ranges of the **digital recorder**. The influence of any attenuator is determined by impulse or step calibration (see 1.5.1 or 1.5.2). Care should be taken to avoid thermal overloading of low-input impedance attenuators.

1.5.9 Internal noise level

1.5.9.1 Digital recorders

A direct voltage within the range of the **digital recorder** shall be applied. Enough records shall be taken at a specified **sampling rate** to acquire at least 1 000 samples. The standard deviation of these samples is taken as the internal noise level.

NOTE This data can be collected during the determination of static differential and integral non-linearities according to annex A.

1.5.9.2 Oscilloscopes

A direct voltage within the range of the oscilloscope shall be applied at a specified sweep. Half the peak-to-peak variation of the vertical deflection is taken as the internal noise level.

1.5.10 Interference

The interference tests according to B.3.1 shall be made.

1.6 Impédance d'entrée

Selon le type de dispositif de mesure utilisé, il convient que l'impédance d'entrée de l'instrument soit adaptée à l'impédance nominale du câble coaxial à $\pm 2\%$ (par exemple pour les diviseurs résistifs ou shunts) ou bien ne soit pas inférieure à $1\text{ M}\Omega$ avec au plus 50 pF en parallèle (par exemple pour les capacités ou diviseurs capacitifs amortis).

NOTE Il est également admis que l'impédance d'adaptation soit connectée de manière externe immédiatement à l'entrée de l'instrument.

2 Enregistreurs numériques pour les essais de choc

2.1 Prescriptions pour les mesures d'impulsions

2.1.1 Prescriptions pour les enregistreurs numériques utilisés dans des systèmes de mesure approuvés

L'incertitude globale d'un **enregistreur numérique** utilisé dans un système de mesure reconnu conformément à la CEI 60062-2 ne doit pas être supérieure (pour un niveau de confiance d'au moins 95% , voir l'annexe H de la CEI 60060-2) à

- 2% pour la mesure de tension (courant) de crête pour des chocs de foudre complets ou coupés normalisés, des surtensions de manœuvre et des impulsions rectangulaires;
- 3% pour la mesure de tension de crête de chocs de foudre coupés sur le front;
- 4% pour la mesure des paramètres temporels (temps de montée, temps jusqu'à coupure, etc.) du choc.

Ces incertitudes doivent être évaluées conformément à l'annexe H de la CEI 60060-2.

L'**enregistreur numérique** doit permettre la conservation des **données brutes** au moins jusqu'à l'acceptation de l'essai.

2.1.2 Prescriptions individuelles

Afin de rester dans les limites données en 2.1.1, les limites des contributions individuelles données en 2.1.2 devront être satisfaites. Parfois, une ou plusieurs de ces limites peuvent être dépassées si l'incertitude globale permise n'est pas dépassée.

2.1.2.1 Fréquence d'échantillonnage

La **fréquence d'échantillonnage** ne doit pas être inférieure à $30/T_x$, T_x étant la durée à mesurer.

NOTE $T_x = 0,6 T_1$ est l'intervalle de temps entre T_{30} et T_{90} du choc de foudre à mesurer. Pour une onde $1,2/50$, la valeur admise la plus faible du temps de montée T_1 est de $0,84\text{ }\mu\text{s}$. Ainsi, une **fréquence d'échantillonnage** d'au moins $60 \times 10^6\text{ s}^{-1}$ est prescrite.

Pour mesurer les oscillations de montée, la **fréquence d'échantillonnage** doit être au moins égale à $6 f_{\text{max}}$ où f_{max} est la fréquence maximale des oscillations de montée devant être reproduite par le système de mesure (voir 9.1.2 de CEI 60060-2).

1.6 Input impedance

Depending on the type of measuring system used, the input impedance of the instrument should match the nominal impedance of the coaxial cable within $\pm 2\%$ (for example, for resistor dividers or shunts) or be not less than $1\text{ M}\Omega$ with not more than 50 pF in parallel (for example, for capacitive or damped capacitive dividers).

NOTE The matching impedance may also be externally connected immediately at the input of the instrument.

2 Digital recorders for impulse tests

2.1 Requirements for impulse measurements

2.1.1 Requirements for digital recorders used in approved measuring systems

The overall uncertainty of a **digital recorder** used in an approved measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a confidence level of not less than 95 %, see annex H of IEC 60060-2)

- 2 % in the peak voltage (current) measurement of full and standard-chopped lightning impulses, switching impulses and rectangular impulses;
- 3 % in the peak voltage measurement of front-chopped lightning impulses;
- 4 % in the measurement of the time parameters (front time, time to chopping, etc.) of the impulse.

These uncertainties shall be estimated according to annex H of IEC 60060-2.

The **digital recorder** shall allow storage of the **raw data** at least until the test is accepted.

2.1.2 Individual requirements

In order to stay within the limits given in 2.1.1, the limits for individual contributions given in 2.1.2 should usually be met. In some cases, one or more of these limits may be exceeded provided the permitted overall uncertainty is not exceeded.

2.1.2.1 Sampling rate

The **sampling rate** shall be not less than $30/T_x$ where T_x is the time interval to be measured.

NOTE $T_x = 0,6 T_1$ is the time interval between T_{30} and T_{90} of the lightning impulse to be measured. For a 1,2/50 lightning impulse, the permitted lower value of front time T_1 is $0,84\text{ }\mu\text{s}$. Therefore, a **sampling rate** of at least $60 \times 10^6\text{ s}^{-1}$ is required.

To measure front oscillations the **sampling rate** shall be at least $6 f_{\text{max}}$ where f_{max} is the maximum frequency of front oscillations that should be reproduced by the measuring system (see 9.1.2 of IEC 60060-2).

2.1.2.2 Résolution assignée

Une **résolution assignée** d'au moins 2^{-8} (0,4 % de la **déviati on pleine échelle**) est prescrite pour les essais de mesure des paramètres d'impulsion. Pour les essais nécessitant un traitement de signal autre que le calcul des paramètres d'impulsion, une **résolution assignée** d'au moins 2^{-9} (0,2 % de la **déviati on pleine échelle**) est recommandée.

NOTE La meilleure résolution que l'on peut obtenir par un **oscilloscope analogique** est environ 0,3 % de la **déviati on pleine échelle**. Ainsi, la précédente limite de 0,2 % de la **déviati on pleine échelle** garantit que l'**enregistreur numérique** utilisé pour des mesures comparatives, par exemple pour déterminer l'impédance de transfert des transformateurs, sera au moins aussi performant qu'un oscilloscope.

2.1.2.3 Coefficient de conversion dynamique

Le **coefficient de conversion dynamique** doit être déterminé avec une précision d'au moins 1 %. Il doit être constant à ± 1 % dans les intervalles de temps donnés en 1.5.3.

2.1.2.4 Temps de montée

Le **temps de montée** ne doit pas être supérieur à 3 % de T_x , T_x étant la durée à mesurer.

Pour la mesure de chocs de foudre, le **temps de montée** ne doit pas être supérieur à 15 ns afin de pouvoir superposer les oscillations dans les limites de fréquences données au paragraphe 9.1.2 de la CEI 60060-2.

NOTE Les **temps de montée** inférieurs ou de l'ordre d'un intervalle d'échantillonnage ne peuvent être déterminés avec précision sans dispositifs de déclenchement répétitifs spéciaux.

2.1.2.5 Perturbations

L'amplitude maximale de toute variation de la valeur de base au cours des essais de perturbations doit être inférieure à 1 % de la **déviati on pleine échelle** dans les gammes utilisées pour les essais de choc.

NOTE La norme CEI 60060-2 prescrit un essai de perturbation dans le contrôle des caractéristiques du système de mesure complet.

2.1.2.6 Longueur d'enregistrement

La **longueur d'enregistrement** doit être suffisamment longue pour permettre l'évaluation des paramètres requis (par exemple T_2 ou T_P) ou d'un phénomène spécifique. Il convient que les comités d'études compétents spécifient des **longueurs d'enregistrement** spécifiques.

2.1.2.7 Non-linéarité en amplitude

La **non-linéarité intégrale** statique doit être dans les limites de $\pm 0,5$ % de la **déviati on pleine échelle**. La **non-linéarité différentielle** doit être inférieure à $\pm 0,8 w_0$ pour les essais statiques et dynamiques.

2.1.2.8 Non-linéarité de la base de temps

La **non-linéarité intégrale** de la base de temps ne doit pas être supérieure à 0,5 % de T_x , T_x étant la durée à mesurer.

2.1.2.9 Niveau de bruit interne

Le niveau de bruit interne doit être inférieur à 0,4 % de la **déviati on pleine échelle** pour la mesure des paramètres de forme d'onde et à 0,1 % de la **déviati on pleine échelle** pour les mesures impliquant un traitement du signal.

2.1.2.2 Rated resolution

A **rated resolution** of 2^{-8} (0,4 % of the **full-scale deflection**) or better is required for tests where the impulse parameters are to be evaluated. For tests which involve signal processing other than impulse parameter evaluation, a **rated resolution** of 2^{-9} (0,2 % of the **full-scale deflection**) or better is recommended.

NOTE The best resolution available from an **analogue oscilloscope** is about 0,3 % of the **full-scale deflection**. Hence the above limit of 0,2 % **full-scale deflection** ensures that a **digital recorder** used for comparative measurements, for example, to determine the transfer impedance of transformers, will perform at least as well as an oscilloscope.

2.1.2.3 Impulse scale factor

The **impulse scale factor** shall be determined with an uncertainty of not more than 1 %. It shall be constant within ± 1 % over the time intervals given in 1.5.3.

2.1.2.4 Rise time

The **rise time** shall not be more than 3 % of T_x where T_x is the time interval to be measured.

For the measurement of lightning impulses, the **rise time** shall be not more than 15 ns in order to reproduce superimposed oscillations within the frequency limits given in 9.1.2 of IEC 60060-2.

NOTE **Rise times** less than, or of the order of, one sampling interval cannot be accurately determined without special repetitive triggering features.

2.1.2.5 Interference

The maximum amplitude of any deflection from the base magnitude in the interference test shall be less than 1 % of the **full-scale deflection** in the ranges used for impulse tests.

NOTE An interference performance test is required by IEC 60060-2 for the complete impulse measuring system.

2.1.2.6 Record length

The **record length** shall be sufficiently long to allow the required parameter (for example, T_2 or T_P) to be evaluated or a specific phenomenon to be observed. Specific **record lengths** should be specified by the relevant technical committee.

2.1.2.7 Non-linearity of amplitude

The static **integral non-linearity** shall be within $\pm 0,5$ % of **full-scale deflection**. The **differential non-linearity** shall be within $\pm 0,8 w_0$, for both static and dynamic tests.

2.1.2.8 Non-linearity of time base

The **integral non-linearity** of the time base shall be not more than 0,5 % of T_x where T_x is the time interval to be measured.

2.1.2.9 Internal noise level

The internal noise level shall be less than 0,4 % of the **full-scale deflection** for measurements of the waveform parameters and less than 0,1 % of the **full-scale deflection** for measurements involving signal processing.

2.1.2.10 Domaine de fonctionnement

La limite basse du **domaine de fonctionnement** ne doit pas être inférieure à $4/N$ de la **déviati on pleine échelle** où N est le nombre de bits.

NOTE 1 Cela signifie que l'amplitude de crête n'est pas inférieure à 50 % de la **déviati on pleine échelle** pour un **enregistrement numérique** à 8 bits ou à 40 % pour **enregistrement numérique** à 10 bits ou à 33 % pour **enregistrement numérique** à 12 bits.

NOTE 2 Pour des essais nécessitant une comparaison des enregistrements, une limite basse du **domaine de fonctionnement** non inférieure à $6/N$ de la **déviati on pleine échelle** est recommandée.

2.1.3 Prescriptions pour les enregistreurs numériques utilisés dans les systèmes de mesure reconnus

2.1.3.1 Prescriptions générales

Ces instruments sont utilisés dans les systèmes de mesure de référence reconnus dans la CEI 60060-2 pour le calibrage par des mesures comparatives des systèmes de mesure approuvés. Les paramètres de crête et de temps sont généralement déterminés comme la moyenne d'au moins 10 mesures. L'incertitude globale d'un **enregistreur numérique** utilisé dans un système de mesure reconnu conformément à la CEI 60060-2 ne doit pas être supérieure (pour un niveau de confiance d'au moins 95 %; voir l'annexe H de la CEI 60060-2) à

- 0,7 % pour la mesure de la tension (du courant) de crête pour des chocs de foudre pleins ou coupés normalisés, des surtensions de manœuvre et des impulsions rectangulaires;
- 2 % pour la mesure de la tension de crête des chocs de foudre coupés sur le front;
- 3 % pour la mesure des paramètres temporels (temps de montée, temps jusqu'à coupure, etc.) du choc.

2.1.3.2 Prescriptions individuelles

Afin de rester dans les limites de 2.1.3.1, les limites de 2.1.2 et les prescriptions complémentaires suivantes doivent être satisfaites.

- La **fréquence d'échantillonnage** ne doit pas être inférieure à $30/T_x$. Pour des chocs coupés sur le front, cette fréquence ne doit pas être inférieure à $100 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$.
- La limite inférieure du **domaine de fonctionnement** ne doit pas être inférieure à $6/N$ de la **déviati on pleine échelle**.
- Le **coefficient de conversion dynamique** doit être déterminé avec une incertitude non supérieure à 0,5 %.
- Il doit être constant à $\pm 0,5 \%$ pour les intervalles de temps donnés en 1.5.3.
- La tension de perturbation doit être inférieure à 0,5 %.

2.1.4 Essais

Les essais requis par la présente norme pour les **enregistreurs numériques** sont donnés dans le tableau 3.

Tous les équipements de calibrage doivent offrir une traçabilité, directe ou indirecte, par rapport aux normes internationales ou nationales. Les procédures de calibrage doivent faire l'objet de comptes-rendus.

2.1.2.10 Operating range

The lower limit of the **operating range** shall be not less than $4/N$ of **full-scale deflection** where N is the number of bits.

NOTE 1 This means that the peak amplitude is not less than 50 % of the **full-scale deflection** for an 8-bit **digital recorder**, 40 % for a 10-bit **digital recorder** or 33 % for a 12-bit **digital recorder**.

NOTE 2 For tests which require comparison of records, a lower limit of the **operating range** of not less than $6/N$ of the **full-scale deflection** is recommended.

2.1.3 Requirements for digital recorders used in reference measuring systems

2.1.3.1 General requirements

These instruments are used in reference measuring systems specified in IEC 60060-2 for the calibration of approved measuring systems by comparison measurements. The peak and time parameters are in general determined as the mean of at least 10 measurements. The overall uncertainty of a **digital recorder** used in a reference measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a confidence level of not less than 95 %; see annex H of IEC 60060-2)

- 0,7 % in the peak voltage (current) measurement of full and standard-chopped lightning impulses, switching impulses and rectangular impulses;
- 2 % in the peak voltage measurement of front-chopped lightning impulses;
- 3 % in the measurement of the time parameters (front time, time to chopping, etc.) of the impulse.

2.1.3.2 Individual requirements

In order to stay within the limits given in 2.1.3.1, the limits given in 2.1.2 and the following additional requirements shall be met.

- The **sampling rate** shall be not less than $30/T_x$. For front-chopped impulses, the **sampling rate** shall be not less than $100 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$.
- The lower limit of the **operating range** shall be not less than $6/N$ of the **full-scale deflection**.
- The **impulse scale factor** shall be determined with an uncertainty of not more than 0,5 %.
- It shall be constant within $\pm 0,5 \%$ over the time intervals given in 1.5.3.
- The interference voltage shall be not more than 0,5 %.

2.1.4 Tests

The tests required for **digital recorders** by this standard are shown in table 3.

All calibration equipment shall be traceable, either directly or indirectly, to international or national standards. The procedures of the calibrations shall be recorded.

Tableau 3 – Essais requis pour les enregistreurs numériques

Type d'essai	Référence à la méthode d'essai	Référence aux prescriptions d'essai		Classification des essais			
		Enregistrement complet sur un atténuateur d'entrée	Enregistrement complet sur chaque atténuateur d'entrée	Essai de type	Essai de routine	Essai de performance	Vérification de performance
Non-linéarité intégrale statique	1.5.7	2.1.2.7		X			
Non-linéarité différentielle statique	1.5.7	2.1.2.7		X			
Non-linéarité différentielle dynamique	1.5.8	2.1.2.7			X		
Non-linéarité de la base de temps	1.5.4	2.1.2.8		X			
Coefficient de conversion dynamique	1.5.1 ou 1.5.2		2.1.2.3		X	X	X
Constance du coefficient de conversion	1.5.3		2.1.2.3		X	X	X
Temps de montée	1.5.5		2.1.2.4	X			
Niveau de bruit interne	1.5.9	2.1.2.9		X			
Perturbations	1.5.10, B.3	2.1.2.5, B.3.1		X			

2.1.4.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués sur un **enregistreur numérique** d'une série. Ces essais doivent être effectués par le constructeur de l'**enregistreur numérique**. Si les résultats de ces essais ne sont pas réalisés par le constructeur, l'utilisateur doit les prévoir pour vérifier l'équipement.

2.1.4.2 Essais de routine

Les essais de routine doivent être effectués sur chacun des **enregistreurs numériques**. Ces essais doivent être effectués par le constructeur de l'**enregistreur numérique**. Si ces essais ne sont pas réalisés par le constructeur, l'utilisateur doit les prévoir pour vérifier l'équipement.

Les essais de routine doivent également être effectués après toute réparation d'un enregistreur numérique.

2.1.4.3 Essais de performance

Les essais de performance doivent être effectués sur chaque nouvel **enregistreur numérique** et répétés annuellement. La date et les résultats doivent être enregistrés dans les fiches de caractéristiques.

Un essai de performance de l'instrument est également prescrit si les vérifications de performance de l'instrument indiquent que le **coefficient de conversion dynamique** a varié de plus de 1 %.

Table 3 – Tests required for digital recorders

Type of test	Reference to test method	Reference to test requirement		Test classification			
		Complete recorder at one setting of the input attenuator	Complete recorder at each setting of the input attenuator	Type test	Routine test	Performance test	Performance check
Static integral non-linearity	1.5.7	2.1.2.7		X			
Static differential non-linearity	1.5.7	2.1.2.7		X			
Dynamic differential non-linearity	1.5.8	2.1.2.7			X		
Non-linearity of time base	1.5.4	2.1.2.8		X			
Impulse scale factor	1.5.1 or 1.5.2		2.1.2.3		X	X	X
Constancy of scale factor	1.5.3		2.1.2.3		X	X	X
Rise time	1.5.5		2.1.2.4	X			
Internal noise level	1.5.9	2.1.2.9		X			
Interference	1.5.10, B.3	2.1.2.5, B.3.1		X			

2.1.4.1 Type tests

Type tests shall be performed for one **digital recorder** of a series. These type tests are to be performed by the manufacturer of the **digital recorder**. If type test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

2.1.4.2 Routine tests

Routine tests shall be performed for each **digital recorder**. These routine tests are to be performed by the manufacturer of the **digital recorder**. If routine test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

Routine tests shall also be carried out after repair of the **digital recorder**.

2.1.4.3 Performance tests

Performance tests shall be performed on each new **digital recorder** and be repeated once a year. The date and results of each performance test shall be recorded in the record of performance.

A performance test on the instrument is also required if performance checks on the instrument indicate that the **impulse scale factor** has changed by more than 1 %.

2.1.4.4 Vérifications des performances

Les vérifications des performances sur l'instrument sont prescrites uniquement si leur réalisation sur le système de mesure complet indique que le **coefficient de conversion assigné** a varié de manière significative (voir 4.2 de la CEI 60060-2).

Ces vérifications doivent être effectuées pour chaque réglage de l'instrument utilisé lors des essais d'impulsions. Ces vérifications doivent inclure un éventuel atténuateur extérieur, s'il n'a pas été calibré par diviseur ou shunt.

S'il est montré que les **coefficients de conversion statique et dynamique** ne diffèrent au plus que de 0,5 %, alors il est admis d'utiliser le calibrage de tension continue décrit à l'annexe C à la place de l'essai d'échelon de 1.5.2.

2.1.5 Fiche de caractéristiques

La fiche de caractéristiques d'un **enregistreur numérique** doit comprendre les informations suivantes.

- a) Caractéristiques nominales
 - 1) Identification (numéro de série, type, etc.)
 - 2) **Résolution assignée**
 - 3) Plage de **fréquences d'échantillonnage**
 - 4) **Longueur d'enregistrement** maximale
 - 5) Capacités de déclenchement
 - 6) Valeurs des tensions maximale et minimale d'entrée
 - 7) Impédance d'entrée
 - 8) Domaine des formes d'ondes
 - 9) **Durée de préchauffage**
 - 10) Domaine des conditions de fonctionnement
- b) Résultats des essais de type
- c) Résultats des essais de routine
- d) Essais de performance
 - 1) Date et heure de chaque essai de performance
 - 2) Résultats de chaque essai de performance
- e) Vérifications de performance
 - 1) Date et heure de chaque vérification de performance
 - 2) Résultat – bon/mauvais (si échec, noter l'action prise)

2.1.4.4 Performance checks

Performance checks on the instrument are required only if performance checks on the complete measuring system indicate that the assigned **scale factor** has changed significantly (see 4.2 of IEC 60060-2).

Performance checks shall be made for each setting of the instrument that is to be used in the impulse tests. This check shall include the possible external attenuator, if it was not calibrated with divider or shunt.

If it is shown that the **static** and **impulse scale factors** differ by not more than 0,5 %, then direct voltage calibration described in annex C may be used in place of the step test given in 1.5.2.

2.1.5 Record of performance

The record of performance of a **digital recorder** shall include the following information.

- a) Nominal characteristics
 - 1) Identification (serial number, type, etc.)
 - 2) **Rated resolution**
 - 3) Range of **sampling rates**
 - 4) Maximum **record length**
 - 5) Triggering capabilities
 - 6) Value of the maximum and minimum input voltage
 - 7) Input impedance
 - 8) Range of waveshapes
 - 9) **Warm-up time**
 - 10) Range of operating conditions
- b) Results of type tests
- c) Results of routine tests
- d) Performance tests
 - 1) Date and time of each performance test
 - 2) Results of each performance test
- e) Performance checks
 - 1) Date and time of each performance check
 - 2) Result – pass/fail (if fail, record of action taken)

3 Oscilloscopes analogiques pour les essais de choc

3.1 Prescriptions pour les mesures de choc

3.1.1 Prescriptions pour les oscilloscopes analogiques utilisés dans des systèmes de mesure approuvés

L'incertitude globale d'un **oscilloscope analogique** utilisé dans un système de mesure approuvé conformément à la CEI 60060-2, ne doit pas être supérieure (pour un niveau de confiance non inférieur à 95 %, voir la CEI 60060-2, annexe H) à:

- 2 % pour la mesure de la tension (du courant) de crête pour des chocs de foudre pleins ou coupés normalisés et des surtensions de manœuvre et des impulsions rectangulaires;
- 3 % pour la mesure de la tension de crête des chocs de foudre coupés sur le front;
- 4 % pour la mesure des paramètres temporels (temps de montée, temps jusqu'à coupure, etc.) du choc.

Toute calibration doit être effectuée en utilisant la même caméra (ou caméra numérique) que celle qui sera utilisée lors des essais. En cas d'agrandissement réglable, aucun changement n'est permis entre le calibrage et les essais.

3.1.2 Prescriptions individuelles

Afin de rester dans les limites données en 3.1.1, il convient de suivre les limites des contributions individuelles données en 3.1.2. Parfois, une ou plusieurs de ces limites peuvent être dépassées si l'incertitude globale autorisée n'est pas dépassée.

3.1.2.1 Domaine de fonctionnement

Le **domaine de fonctionnement** indique la zone d'écran réelle dans laquelle les mesures de temps et de tension peuvent être effectuées avec l'incertitude globale spécifiée en 3.1.1 et dans laquelle les prescriptions individuelles sont satisfaites.

3.1.2.2 Non-linéarité de la variation de tension

La non-linéarité de la variation de tension ne doit pas être supérieure à 1 % dans le **domaine de fonctionnement**. Sinon, les impulsions étalons (voir figure 3) ou les traces étalons (voir figure 4) doivent être affichées sur l'oscillogramme avec l'impulsion mesurée, permettant le calibrage de tension dans les limites spécifiées ci-dessus.

3.1.2.3 Non-linéarité de la base de temps

La **non-linéarité intégrale** de la base de temps ne doit pas être supérieure à 2 % de T_x , T_x étant la durée à mesurer. Sinon, les marques de temps ou les impulsions calibrées doivent être affichées sur l'oscillogramme avec l'impulsion mesurée, permettant ainsi le calibrage de tension dans les limites spécifiées ci-dessus (voir figure 4).

3.1.2.4 Coefficient de conversion dynamique

Le **coefficient de conversion dynamique** doit être déterminé avec une précision d'au moins 1 %. Il doit être constant à ± 1 % dans les intervalles de temps donnés en 1.5.3.

3 Analogue oscilloscopes for impulse tests

3.1 Requirements for impulse measurements

3.1.1 Requirements for analogue oscilloscopes used in approved measuring systems

The overall uncertainty of an **analogue oscilloscope** used in an approved measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a confidence level of not less than 95 %, see annex H of IEC 60060-2):

- 2 % in the peak voltage (current) measurement of full and standard-chopped lightning impulses, switching impulses and rectangular impulses,
- 3 % in the peak voltage measurement of front-chopped lightning impulses,
- 4 % in the measurement of the time parameters (front time, time to chopping, etc.) of the impulse.

All calibration shall be carried out by using the same camera (or digital camera) which will be used during the actual tests. In case of adjustable enlargement, no change is permitted between calibration and testing.

3.1.2 Individual requirements

In order to stay within the limits given in 3.1.1, the limits for individual contributions given in 3.1.2 should usually be met. In some cases, one or more of these limits may be exceeded provided the permitted overall uncertainty is not exceeded.

3.1.2.1 Operating range

The **operating range** denotes the effective screen area within which voltage and time measurements can be made with the overall uncertainty specified in 3.1.1 and within which the individual requirements are met.

3.1.2.2 Non-linearity of voltage deflection

The non-linearity of the voltage deflection shall be not more than 1 % in the **operating range**. Otherwise, calibration impulses (see figure 3) or calibration traces (see figure 4) shall be displayed on the oscillogram together with the measured impulse, enabling the voltage calibration within the limits specified above.

3.1.2.3 Non-linearity of time base

The **integral non-linearity** of the time base shall be not more than 2 % of T_x where T_x is the time interval to be measured. Otherwise, time marks or calibration impulses shall be displayed on the oscillogram together with the measured impulse, enabling the time calibration within the limits specified above (see figure 4).

3.1.2.4 Impulse scale factor

The **impulse scale factor** shall be determined with an uncertainty of not more than 1 %. It shall be constant within ± 1 % over the time intervals given in 1.5.3.

3.1.2.5 Temps de montée

Le **temps de montée** ne doit pas être supérieur à 3 % de T_x , T_x étant la durée à mesurer.

Pour la mesure des chocs de foudre, le **temps de montée** ne doit pas être supérieur à 15 ns afin de pouvoir superposer les oscillations dans les limites de fréquences données en 9.1.2 de la CEI 60060-2.

3.1.2.6 Perturbations

L'amplitude maximale de toute déviation de l'amplitude de base au cours de l'essai de perturbations doit être inférieure à 1 % de la **déviati**on pleine échelle dans les **domaines de fonctionnement** utilisés pour les essais de chocs.

NOTE Un essai de performance aux perturbations est prescrit en 6.4 de la CEI 60060-2 pour le système de mesure des chocs complets.

3.1.3 Essais

Les essais requis par la présente norme pour les **oscilloscopes analogiques** sont donnés dans le tableau 4.

Tous les équipements de calibrage doivent offrir une traçabilité, directe ou indirecte, par rapport aux normes internationales ou nationales. Les procédures de calibrage doivent faire l'objet de comptes-rendus.

Tableau 4 – Essais requis pour les oscilloscopes analogiques

Type d'essai	Référence à la méthode d'essai	Référence aux prescriptions d'essai		Classification des essais			
		Enregistrement complet sur un atténuateur d'entrée	Enregistrement complet sur chaque atténuateur d'entrée	Essai de type	Essai de routine	Essai de performance	Vérification de performance
Variation tension	1.5.6	3.1.2.2				X	
Non-linéarité de la base de temps	1.5.4	3.1.2.3		X		X	
Coefficient de conversion dynamique	1.5.1 ou annexe A		3.1.2.4		X	X	X
Constance du coefficient de conversion	1.5.3		3.1.2.4		X	X	X
Temps de montée	1.5.5		3.1.2.5	X			
Perturbations	1.5.10	3.1.2.6		X			

3.1.3.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués sur un **oscilloscope analogique** d'une série. Ces essais doivent être effectués par le constructeur de l'instrument. Si ces essais ne sont pas réalisés par le constructeur, l'utilisateur doit prévoir de les réaliser pour vérifier l'équipement.

3.1.3.2 Essais de routine

Les essais de routine doivent être effectués sur chacun des **oscilloscopes analogiques**. Ces essais doivent être effectués par le constructeur de l'oscilloscope. Si les résultats des essais de routine ne sont pas disponibles auprès du constructeur, l'utilisateur doit prévoir de les réaliser pour vérifier l'équipement.

3.1.2.5 Rise time

The **rise time** shall not be more than 3 % of T_x where T_x is the time interval to be measured.

For the measurement of lightning impulses, the **rise time** shall be not more than 15 ns in order to reproduce superimposed oscillations within the frequency limits given in 9.1.2 of IEC 60060-2.

3.1.2.6 Interference

The maximum amplitude of any deflection from the base magnitude in the interference test shall be less than 1 % of the **full-scale deflection** in the **operating ranges** used for the impulse tests.

NOTE An interference performance test is required by 6.4 of IEC 60060-2, for the complete impulse measuring system.

3.1.3 Tests

The tests required for **analogue oscilloscopes** by this standard are shown in table 4.

All calibration equipment shall be traceable, either directly or indirectly, to international or national standards. The procedures of the calibrations shall be recorded.

Table 4 – Tests required for analogue oscilloscopes

Type of test	Reference to test method	Reference to test requirement		Test classification			
		Complete scope at one setting of the input attenuator	Complete scope at each setting of the input attenuator	Type test	Routine test	Performance test	Performance check
Voltage deflection characteristics	1.5.6	3.1.2.2				X	
Non-linearity of time base	1.5.4	3.1.2.3		X		X	
Impulse scale factor	1.5.1 or annex A		3.1.2.4		X	X	X
Constancy of scale factor	1.5.3		3.1.2.4		X	X	X
Rise time	1.5.5		3.1.2.5	X			
Interference	1.5.10	3.1.2.6		X			

3.1.3.1 Type tests

Type tests shall be performed for one **analogue oscilloscope** of a series. These type tests are to be performed by the manufacturer of the oscilloscope. If type test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

3.1.3.2 Routine tests

Routine tests shall be performed for each **analogue oscilloscope**. These routine tests are to be performed by the manufacturer of the oscilloscope. If routine test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

Les essais de routine doivent également être effectués après toute réparation d'un **oscilloscope analogique**.

3.1.3.3 Essais de performance

Les essais de performance doivent être effectués sur chaque nouvel **oscilloscope analogique** et répétés annuellement par l'utilisateur. La date et les résultats de chaque essai doivent être enregistrés dans les fiches de caractéristiques.

Un essai de performance de l'instrument est également prescrit si les vérifications de performance de l'instrument indiquent que le **coefficient de conversion dynamique** a varié de plus de 1 %.

3.1.3.4 Vérifications de performances

Les vérifications des performances sur l'instrument sont prescrites uniquement si leur réalisation sur le système de mesure complet indique que le **coefficient de conversion** assigné a varié de manière significative (voir 4.2 de la CEI 60060-2).

Ces vérifications doivent être effectuées pour chaque réglage de l'instrument utilisé lors des essais d'impulsions. Ces vérifications doivent inclure un éventuel atténuateur extérieur s'il n'a pas été calibré par diviseur ou shunt.

S'il est montré que les **coefficients de conversion statique et dynamique** ne diffèrent au plus que de 0,5 %, alors il est admis d'utiliser le calibrage de tension continue décrit à l'annexe C à la place de l'essai d'échelon de 1.5.2.

3.1.4 Fiche de caractéristiques

La fiche de caractéristiques d'un **oscilloscope analogique** doit comprendre les informations suivantes:

- a) Caractéristiques nominales
 - 1) Identification (numéro de série, type, etc.)
 - 2) Plage des temps de balayage
 - 3) Valeurs des tensions maximale et minimale d'entrée
 - 4) Domaine des formes d'ondes
 - 5) **Domaine de fonctionnement** (zone réelle d'écran)
 - 6) **Durée de préchauffage**
 - 7) Domaine des conditions de fonctionnement
 - 8) Impédance d'entrée
 - 9) Calibre intégré
- b) Résultats des essais de type
- c) Résultats des essais de routine
- d) Essais de performance
 - 1) Date et heure de chaque essai de performance
 - 2) Résultats de chaque essai de performance
- e) Vérifications de performance
 - 1) Date et heure de chaque vérification de performance
 - 2) Résultat – bon/mauvais (si échec, noter l'action prise)

Routine tests shall also be carried out after repair of the **analogue oscilloscope**.

3.1.3.3 Performance tests

Performance tests shall be performed on each new **analogue oscilloscope** and repeated once a year by the user. The date and results of each performance test shall be recorded in the record of performance.

Performance test on the instrument is also required if performance checks on the instrument indicate that the **impulse scale factor** has changed by more than 1 %.

3.1.3.4 Performance checks

Performance checks on the instrument are required only if performance checks on the complete measuring system indicate that the assigned **scale factor** has changed significantly (see 4.2 of IEC 60060-2).

Performance checks shall be made for each setting of the instrument that is to be used in the impulse tests. This check shall include the possible external attenuator, if it was not calibrated with divider or shunt.

If it is shown that the **static** and **impulse scale factors** differ by not more than 0,5 %, then direct voltage calibration described in annex C may be used in place of the step test given in 1.5.2.

3.1.4 Record of performance

The record of performance of an **analogue oscilloscope** shall include the following information:

- a) Nominal characteristics
 - 1) Identification (serial number, type, etc.)
 - 2) Range of sweep times
 - 3) Value of the maximum and minimum input voltage
 - 4) Range of waveshapes
 - 5) **Operating range** (effective screen area)
 - 6) **Warm-up time**
 - 7) Range of operating conditions
 - 8) Input impedance
 - 9) Built-in calibrator
- b) Results of type test
- c) Results of routine test
- d) Performance tests
 - 1) Date and time of each performance test
 - 2) Results of each performance test
- e) Performance checks
 - 1) Date and time of each performance check
 - 2) Result – pass/fail (if fail, record of action taken)

4 Voltmètres de crête pour les essais de choc

4.1 Prescriptions pour les mesures d'impulsions

Un **voltmètre de crête** mesure l'amplitude la plus élevée de l'impulsion. Toutefois, cette pointe ne correspond pas toujours à la valeur de la tension d'essai (voir annexe D). Cette situation limite l'utilisation d'un **voltmètre de crête** aux cas où la forme d'onde est connue comme douce, sans surtension de courte durée ou de fréquence oscillatoire. Dans tous les autres cas, il faut que le **voltmètre de crête** soit utilisé en parallèle avec un enregistreur afin de pouvoir corriger, si nécessaire, la lecture du **voltmètre de crête**.

4.1.1 Prescriptions générales pour les voltmètres de crête

L'incertitude globale d'un **voltmètre de crête** utilisé dans un système de mesure reconnu conformément à la CEI 60062-2 ne doit pas être supérieure (pour un niveau non inférieur à 95 %; voir la CEI 60060-2, annexe H) à

- 2 % pour la mesure de la tension (du courant) de crête pour des chocs de foudre complets ou coupés normalisés et des surtensions de manœuvre;
- 3 % pour la mesure de tension de crête de chocs de foudre coupés sur le front.

4.1.2 Prescriptions individuelles

Afin de rester dans les limites données en 4.1.1, il convient généralement de satisfaire aux limites des contributions individuelles données en 4.1.2. Dans certains cas, il est admis de dépasser une ou plusieurs de ces limites si l'incertitude globale permise ne l'est pas.

4.1.2.1 Domaine de fonctionnement

Le **domaine de fonctionnement** indique le **domaine de fonctionnement** dans lequel les mesures de tension de crête de choc de foudre peuvent être effectuées avec l'incertitude globale spécifiée en 4.1.1 et dans lequel les prescriptions individuelles suivantes sont satisfaites.

4.1.2.2 Coefficient de conversion dynamique

Le **coefficient de conversion dynamique** doit être déterminé avec une précision d'au moins 1 %.

De plus, le **coefficient de conversion** doit être constant à ± 1 % lors du temps de lecture spécifié pour le **voltmètre de crête** jusqu'à remise à zéro manuelle ou automatique.

4.1.2.3 Non-linéarité de la plage de tensions

La non-linéarité de la plage de tensions ne doit pas être supérieure à 1 % du **domaine de fonctionnement**.

4.1.2.4 Perturbations

L'erreur de mesure de la valeur de crête due à une perturbation électromagnétique doit être inférieure à 1 % de la déviation la plus faible admissible dans les **domaines de fonctionnement** utilisés lors des essais d'impulsions.

4 Peak voltmeters for impulse tests

4.1 Requirements for impulse measurements

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 annex D). This situation limits the use of a **peak voltmeter** by itself to those cases where the impulse shape is known to be quite smooth with no short-duration overshoot or high-frequency oscillation. In all other cases, the **peak voltmeter** must be used in parallel with a suitable recording instrument so that the reading of the **peak voltmeter** can be corrected, if necessary.

4.1.1 General requirements for peak voltmeters

The overall uncertainty of a **peak voltmeter** used in an approved measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a confidence level of not less than 95 %; see annex H of IEC 60060-2)

- 2 % in the peak voltage (current) measurement of full and standard-chopped lightning impulses and of switching impulses;
- 3 % in the peak voltage measurement of front-chopped lightning impulses.

4.1.2 Individual requirements

In order to stay within the limits given in 4.1.1, the limits for individual contributions given in 4.1.2 should usually be met. In some cases, one or more of these limits may be exceeded provided the permitted overall uncertainty is not exceeded.

4.1.2.1 Operating range

The **operating range** denotes the voltage range within which impulse peak voltages can be measured with the overall uncertainty specified in 4.1.1 and within which the following individual requirements are met.

4.1.2.2 Impulse scale factor

The **impulse scale factor** shall be determined with an uncertainty of not more than 1 %.

Furthermore, the **scale factor** shall be constant within ± 1 % during the reading-hold time specified for the **peak voltmeter** until manual or automatic resetting.

4.1.2.3 Non-linearity of voltage range

The non-linearity of the voltage range shall be not more than 1 % in the **operating range**.

4.1.2.4 Interference

The error in the peak value measurement resulting from electromagnetic interference shall be less than 1 % of the smallest permissible deflection in the **operating ranges** used for impulse tests.

4.1.3 Essais

Les essais requis pour les **voltmètres de crête** sont donnés dans le tableau 5 de la présente norme.

Tous les équipements de calibrage doivent offrir une traçabilité, directe ou indirecte, par rapport aux normes internationales ou nationales. Les procédures de calibrage doivent faire l'objet de comptes-rendus.

Tableau 5 – Essais requis pour les voltmètres de crête

Type d'essai	Référence à la méthode d'essai	Référence à la prescription d'essai		Classification d'essai			
		Enregistrement complet sur un atténuateur d'entrée	Enregistrement complet sur chaque atténuateur d'entrée	Essai de type	Essai de routine	Essai de performance	Vérification régulière
Non-linéarité de la plage de tensions	1.5.1	4.1.2.3		X			
Coefficient de conversion dynamique	1.5.1		4.1.2.2		X	X	X
Perturbation	1.5.10	4.1.2.4		X			

4.1.3.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués sur un **voltmètre de crête** d'une série. Ces essais doivent être effectués par le constructeur du **voltmètre de crête**. Si ces essais ne sont pas réalisés par le constructeur, l'utilisateur doit prévoir de les réaliser pour vérifier l'équipement.

4.1.3.2 Essais de routine

Les essais de routine doivent être effectués sur chacun des **voltmètres de crête**. Cet essai doit être effectué par le constructeur du **voltmètre de crête**. Si les résultats des essais de routine ne sont pas disponibles auprès du constructeur, l'utilisateur doit prévoir de les réaliser pour vérifier l'équipement.

Les essais de routine doivent aussi être réalisés après une réparation du **voltmètre de crête**.

4.1.3.3 Essais de performance

Les essais de performance doivent être effectués sur chaque nouveau **voltmètre de crête** et répétés annuellement par l'utilisateur. La date et les résultats doivent être enregistrés dans les fiches de caractéristiques.

Un essai de performance de l'instrument est également prescrit si les vérifications de performance de l'instrument indiquent que le **coefficient de conversion dynamique** a varié de plus de 1 %.

4.1.3 Tests

The tests required for **peak voltmeters** are shown in table 5 of this standard.

All calibration equipment shall be traceable, either directly or indirectly, to international or national standards. The procedures of the calibrations shall be recorded.

Table 5 – Tests required for peak voltmeters

Type of test	Reference to test method	Reference to test requirement		Test classification			
		Complete meter at one setting of the input attenuator	Complete meter at each setting of the input attenuator	Type test	Routine test	Performance test	Performance check
Non-linearity of voltage range	1.5.1	4.1.2.3		X			
Impulse scale factor	1.5.1		4.1.2.2		X	X	X
Interference	1.5.10	4.1.2.4		X			

4.1.3.1 Type tests

Type tests shall be performed for one **peak voltmeter** of a series. These type tests are to be performed by the manufacturer of the **peak voltmeter**. If type test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

4.1.3.2 Routine tests

Routine tests shall be performed for each **peak voltmeter**. These routine tests are to be performed by the manufacturer of the **peak voltmeter**. If routine test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

Routine tests shall also be carried out after a repair of the **peak voltmeter**.

4.1.3.3 Performance tests

Performance tests shall be performed on each new **peak voltmeter** and repeated once a year by the user. The date and results of each performance test shall be recorded in the record of performance.

Performance test on the instrument is also required if performance checks on the instrument indicate that the **impulse scale factor** has changed by more than 1 %.

4.1.3.4 Vérifications de performances

Les vérifications des performances sur l'instrument sont prescrites uniquement si leur réalisation sur le système de mesure complet indique que le **coefficient de conversion** assigné a varié de manière significative (voir 4.2 de la CEI 60060-2).

Ces vérifications doivent être effectuées pour chaque réglage de l'instrument utilisé lors des essais d'impulsions. Si un atténuateur extérieur est utilisé et s'il n'a pas été calibré par diviseur ou shunt, il doit être inclus dans la vérification de performance.

4.1.4 Fiche de caractéristiques

La fiche de caractéristiques d'un **voltmètre de crête** doit comprendre les informations suivantes:

- a) Caractéristiques nominales
 - 1) Identification (numéro de série, type, etc.)
 - 2) **Résolution assignée** (le cas échéant)
 - 3) Valeurs des tensions maximale et minimale d'entrée
 - 4) Domaine des formes d'ondes
 - 5) **Domaine de fonctionnement**
 - 6) Temps de lecture (le cas échéant)
 - 7) **Durée de préchauffage**
 - 8) Domaine des conditions de fonctionnement
 - 9) Impédance d'entrée
- b) Résultats des essais de type
- c) Résultats des essais de routine
- d) Essais de performance
 - 1) Date et heure de chaque essai de performance
 - 2) Résultats des essais de performance
- e) Vérifications de performance
 - 1) Date et heure de chaque vérification de performance
 - 2) Résultat – bon/mauvais (si échec, noter l'action prise)

4.1.3.4 Performance checks

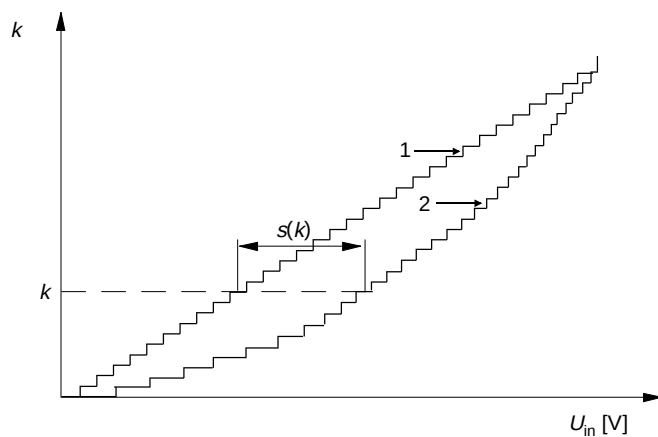
Performance checks on the instrument are required only if performance checks on the complete measuring system indicate that the assigned **scale factor** has changed significantly (see 4.2 of IEC 60060-2).

Performance checks shall be made for each setting of the instrument, which is to be used in the impulse tests. If external attenuator is used, and not calibrated with divider or shunt, it shall be included in this performance check.

4.1.4 Record of performance

The record of performance of a **peak voltmeter** shall include the following information:

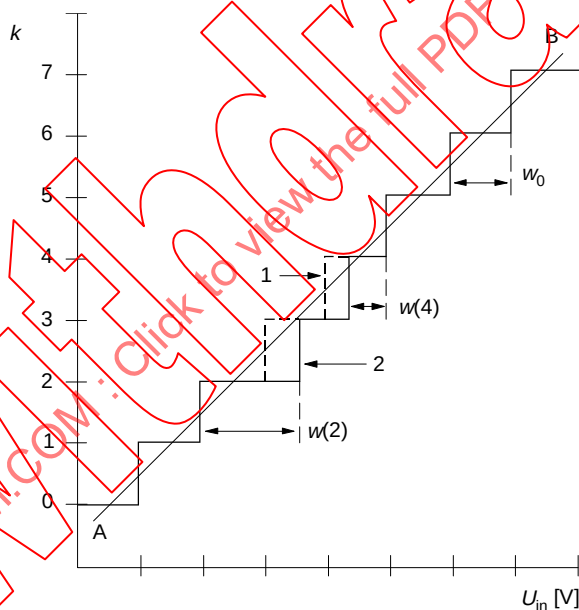
- a) Nominal characteristics
 - 1) Identification (serial number, type etc.)
 - 2) **Rated resolution** (if applicable)
 - 3) Value of the maximum and minimum input voltage
 - 4) Range of waveshapes
 - 5) **Operating range**
 - 6) Reading-hold time (if applicable)
 - 7) **Warm-up time**
 - 8) Range of operating conditions
 - 9) Input impedance
- b) Results of type test
- c) Results of routine tests
- d) Performance tests
 - 1) Date and time of each performance tests
 - 2) Results of performance tests
- e) Performance checks
 - 1) Date and time of each performance check
 - 2) Result – pass/fail (if fail, record of action taken)



IEC 442/01

Courbe 1: **Caractéristique de quantification d'un enregistreur numérique idéal à 5 bits**
 Courbe 2: **Caractéristique de quantification d'un enregistreur numérique non linéaire à 5 bits** (La faible résolution de 5 bits a été choisie pour clarifier l'illustration.)

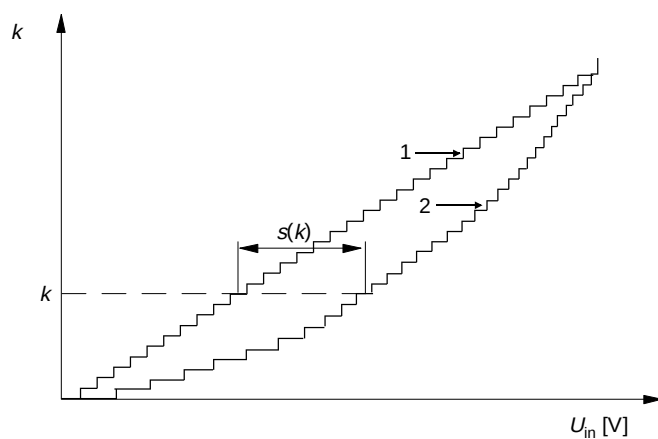
Figure 1 – Non-linéarité intégrale $s(k)$ pour l'indication de sortie k



IEC 443/01

Courbe 1: **Caractéristique de quantification d'un enregistreur numérique idéal à 3 bits**
 Courbe 2: **Caractéristique de quantification d'un enregistreur numérique à 3 bits avec $d(k)$ élevée pour les pas $k = 2, 3$ et 4**
 Ligne AB: Segment de droite joignant les points milieu des **pas de quantification** d'un **enregistreur numérique** idéal. (La faible résolution de 3 bits a été choisie pour clarifier l'illustration.)

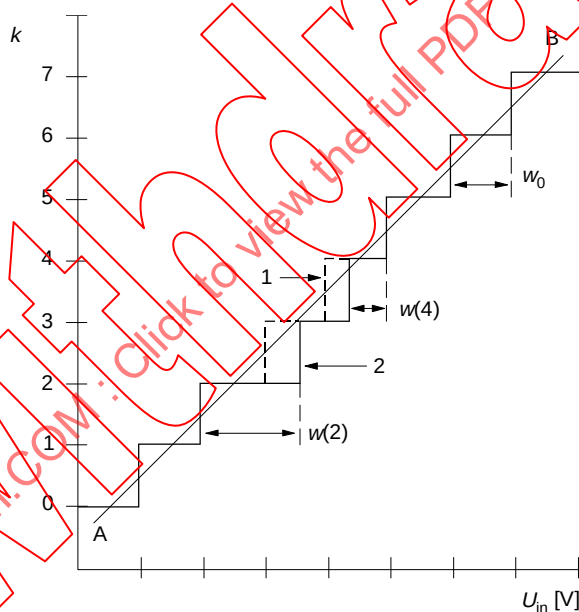
Figure 2 – Non-linéarité différentielle $d(k)$ et pas de quantification $w(k)$ dans des conditions statiques



IEC 442/01

Curve 1: **Quantization characteristic** of an ideal 5-bit **digital recorder**
 Curve 2: **Quantization characteristic** of a non-linear 5-bit **digital recorder**
 (The low resolution of 5 bits has been chosen to clarify the illustration.)

Figure 1 – Integral non-linearity $s(k)$ at code k



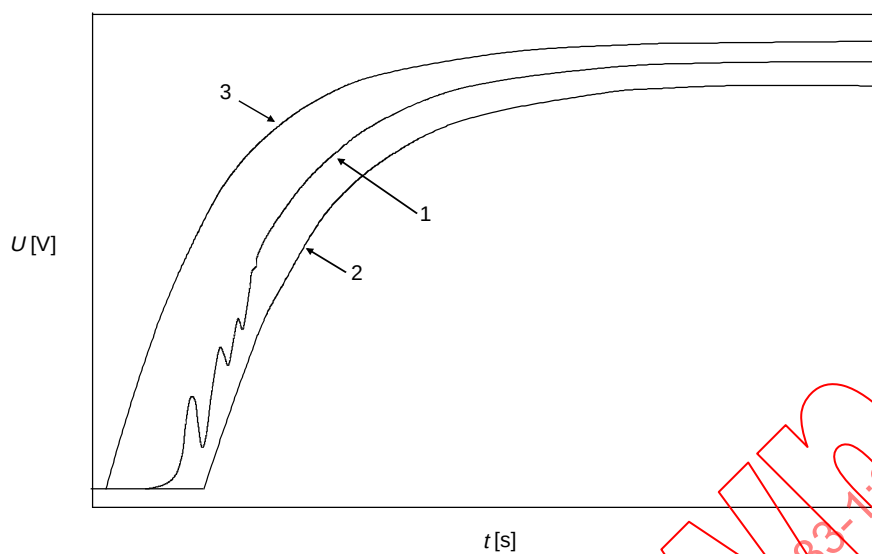
IEC 443/01

Curve 1: **Quantization characteristic** of an ideal 3-bit **digital recorder**

Curve 2: **Quantization characteristic** of a 3 bit **digital recorder**
 showing large $d(k)$ at codes $k = 2, 3$ and 4

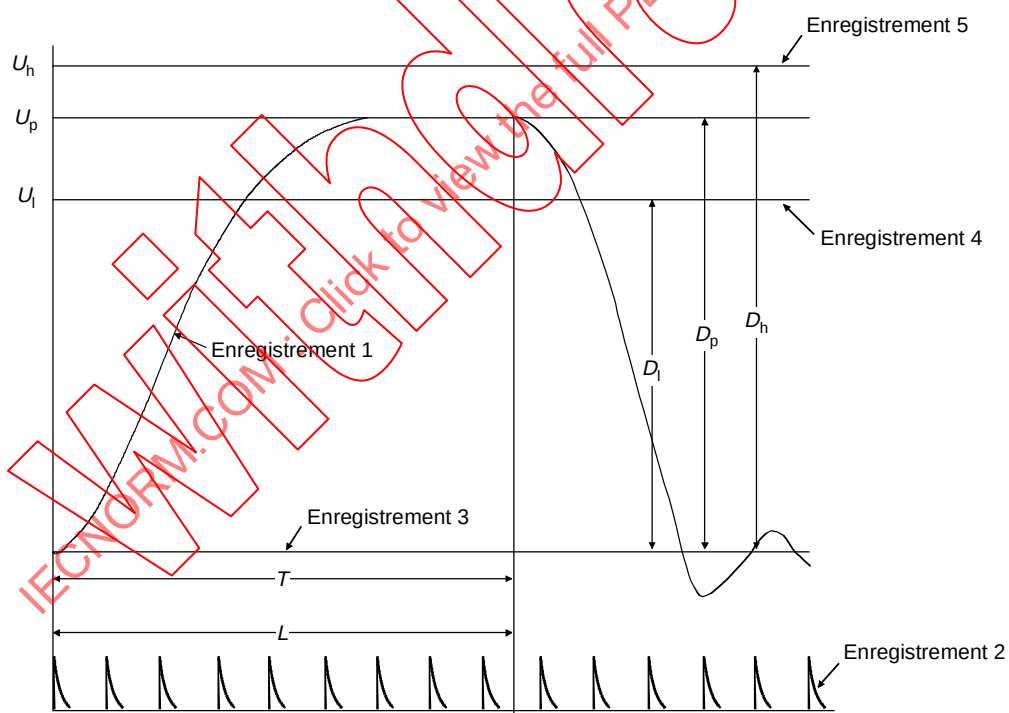
Line AB: A straight line joining the midpoints of the **code bins** of an ideal **digital recorder**
 (The low resolution of 3 bits has been chosen to clarify the illustration.)

Figure 2 – Differential non-linearity $d(k)$ and code bin width $w(k)$ under d.c. conditions



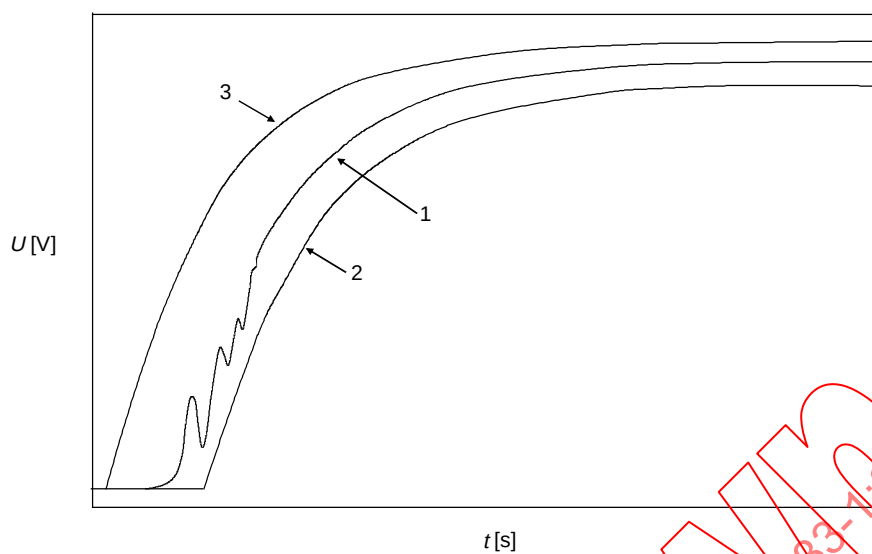
(Les trois enregistrements sont décalés dans le temps pour clarifier la figure.)

Figure 3 – Calibrage par comparaison



IEC 445/01

Figure 4 – Calibrages séparés de la tension et du temps



(The three records were shifted in time to clarify the figure.)

Figure 3 – Calibration by comparison

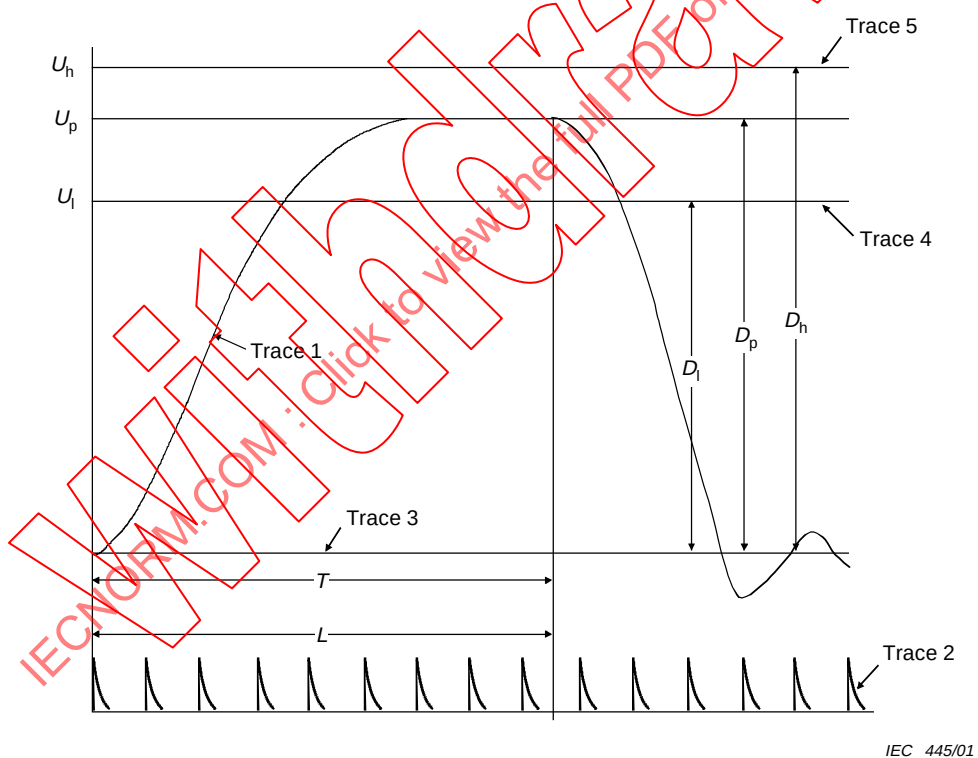
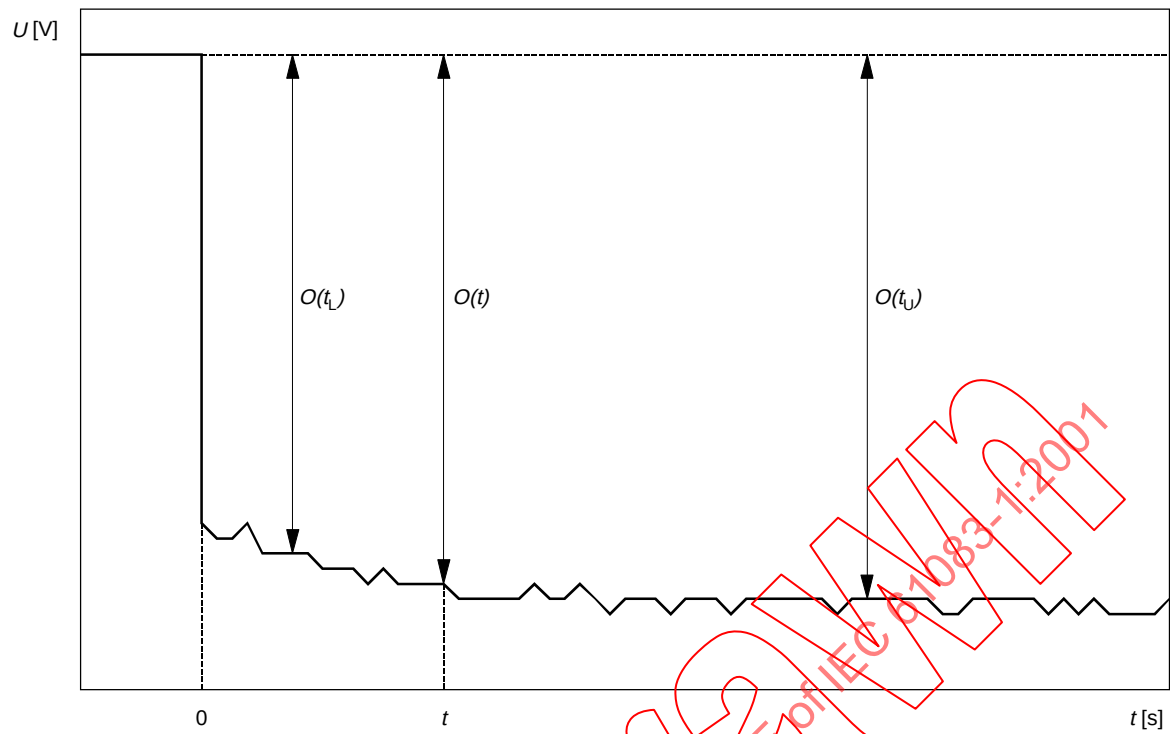


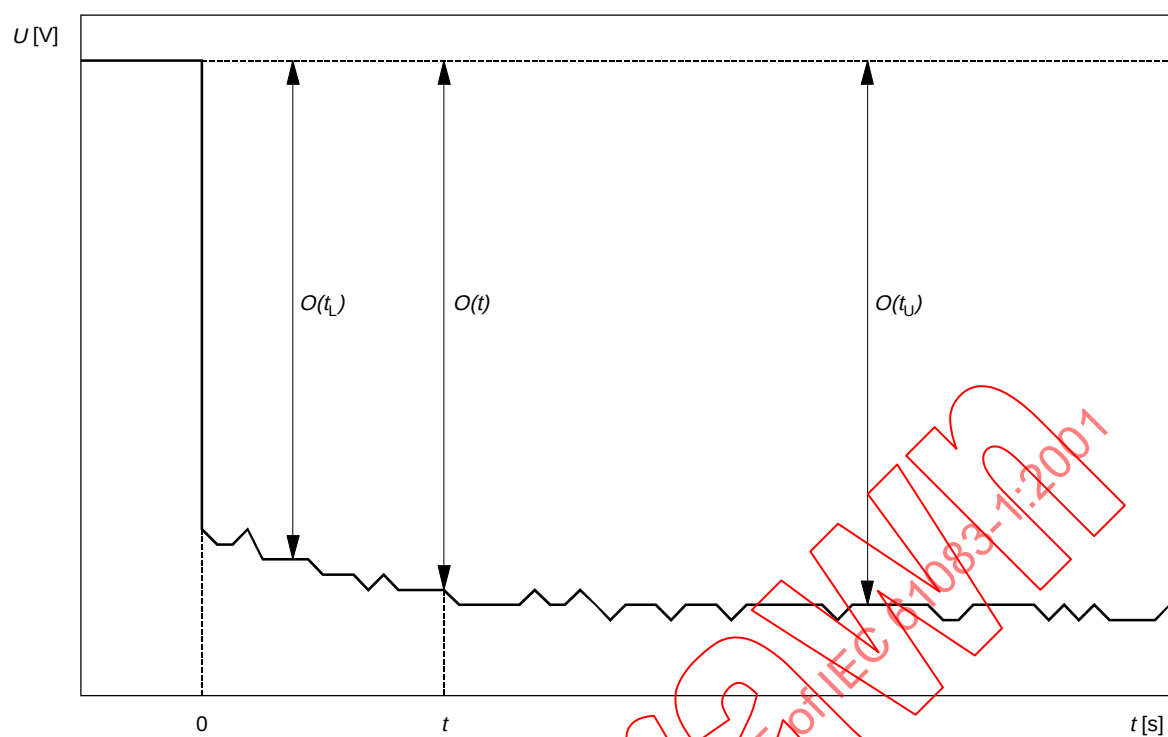
Figure 4 – Separate calibration of voltage and time



IEC 446/01

(Calibrage par échelon. t_L et t_U sont les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de temps de l'essai de constance du coefficient de conversion (voir 1.5.3).

Figure 5 – Calibrage par échelon



IEC 446/01

(Step calibration. t_L and t_U are the lower and upper limits for the time interval of scale factor constancy test (see 1.5.3).

Figure 5 – Step calibration

Annexe A (normative)

Méthode de détermination des non-linéarités des enregistreurs numériques

Etape A: Appliquer une tension $V(i)$ légèrement inférieure (d'environ 2 % de la pleine échelle) à la tension minimale pouvant être enregistrée par **l'enregistreur numérique**. Enregistrer et mémoriser la tension d'entrée comme $V(i)$ et la valeur moyenne de l'enregistrement comme $A(i)$ avec $i = 1$.

Etape B: Augmenter la tension d'entrée d'un accroissement (ΔV) petit par rapport au produit de la pleine échelle par la **résolution assignée**. Il convient que cet accroissement soit compris entre 1/10 et 1/4 du **pas de quantification moyen**. Enregistrer et mémoriser la tension d'entrée comme $V(i)$ et la valeur moyenne comme $A(i+1)$.

Etape C: Répéter l'étape B en utilisant le même accroissement et incrémenter i de 1 à chaque fois jusqu'à ce que la **pleine échelle de l'enregistreur numérique** soit balayée. Mémoriser les tensions d'entrée $V(i)$ et les valeurs moyennes de sortie $A(i)$.

Etape D: Si les valeurs $A(i)$ sont à l'échelle (c'est-à-dire en volts), calculer les valeurs idéales de seuil à partir de

$$T(k) = \frac{f \times s \times d}{2^N} (k + 1/2)$$

Si les valeurs $A(i)$ ne sont pas à l'échelle (c'est-à-dire des valeurs moyennes de sorties de convertisseur analogique/numérique exprimées en **indications de sortie**), les valeurs idéales de seuil sont

$$T(k) = k + 1/2$$

N est le nombre assigné de bits et k est le code binaire (de 0 à $2^N - 1$).

Etape E: Déterminer chaque seuil de transition $c(k)$ entre les **indications de sortie** k et $k+1$ (voir figure A)

- trouver $A(n)$ pour la plus grande valeur de n telle que $A(n)$ soit inférieure ou égale à $T(k)$;
- trouver $A(m)$ pour la plus petite valeur de m (m étant supérieure à n) telle que $A(m)$ soit supérieure à $T(k)$;
- le seuil de transition $c(k)$ de l'**indication de sortie** k à l'**indication de sortie** $k+1$ est, par interpolation linéaire:

$$c(k) = V(n) + \frac{T(k) - A(n)}{A(m) - A(n)} [V(m) - V(n)]$$

Etape F: La tension centrale de chaque **indication de sortie** k est $p(k)$ et est prise comme la moyenne de deux seuils de transition entourant le niveau k :

$$p(k) = 1/2 [(k) + c(k-1)]$$

Annex A (normative)

Procedure for determination of non-linearities of a digital recorder

Step A: Apply a voltage $V(i)$ slightly lower (by about 2 % of the nominal full-scale voltage) than the minimum voltage which can be recorded by the **digital recorder**. Take a record and store the input voltage as $V(i)$ and the average value of the record as $A(i)$ with $i = 1$.

Step B: Raise the input voltage by an increment (ΔV) small compared with the product of the full-scale voltage and the **rated resolution**. This increment should be between 1/10 and 1/4 of the **average code bin width**. Take a record and store the input voltage as $V(i+1)$ and the average value of the record as $A(i+1)$.

Step C: Repeat step B using the same increment of voltage and increasing i by 1 to as high as is needed to cover the **full-scale deflection** of the **digital recorder**. Store the input voltages $V(i)$ and recorded average values $A(i)$.

Step D: If the values $A(i)$ are scaled (i.e. they are in volts), calculate the ideal threshold values from

$$T(k) = \frac{f \times s \times d}{2^N} (k + 1/2)$$

If the values $A(i)$ are not scaled (i.e. they are average values of A/D converter output **codes**) the ideal threshold values are

$$T(k) = k + 1/2$$

Here N is the rated number of bits and k is the binary code (from 0 to $2^N - 1$).

Step E: Locate each actual **code** transition threshold $c(k)$ from **code** k to **code** $k + 1$ by (see figure A)

- a) finding $A(n)$ for the largest value of n such that $A(n)$ is less than or equal to $T(k)$;
- b) finding $A(m)$ for the smallest value of $m > n$ such that $A(m)$ is more than $T(k)$;
- c) the **code** transition threshold $c(k)$ from **code** k to **code** $k + 1$ is, by linear interpolation:

$$c(k) = V(n) + \frac{T(k) - A(n)}{A(m) - A(n)} [V(m) - V(n)]$$

Step F: The centre voltage of each **code** bin k is $p(k)$. It is the average of the two **code** transition thresholds that delineate level k :

$$p(k) = 1/2 [c(k) + c(k - 1)]$$