

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1083-1**

Première édition
First edition
1991-08

**Enregistreurs numériques pour les mesures
pendant les essais de choc à haute tension**

Partie 1:
Prescriptions pour des enregistreurs numériques

**Digital recorders for measurements in
high-voltage impulse tests**

Part 1:
Requirements for digital recorders



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1083-1: 1991

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1083-1**

Première édition
First edition
1991-08

**Enregistreurs numériques pour les mesures
pendant les essais de choc à haute tension**

Partie 1:
Prescriptions pour des enregistreurs numériques

**Digital recorders for measurements in
high-voltage impulse tests**

Part 1:
Requirements for digital recorders

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6

Section 1 : Généralités

Articles

1.1 Domaine d'application	8
1.2 Références normatives	8
1.3 Conditions d'utilisation	10
1.3.1 Domaines des conditions de fonctionnement	10
1.3.2 Conditions de référence	10
1.4 Définitions et symboles	12
1.4.1 Enregistreur numérique (pour les essais de choc à haute tension)	12
1.4.2 Indication de sortie de l'enregistreur numérique	12
1.4.3 Coefficient de conversion	12
1.4.4 Caractéristique de transfert	14
1.4.5 Non-linéarité intégrale $s(k)$	14
1.4.6 Résolution assignée r	14
1.4.7 Pleine échelle $f.s.d.$	14
1.4.8 Pas de quantification $w(k)$ de l'indication de sortie k	14
1.4.9 Pas de quantification moyen w_0	14
1.4.10 Non-linéarité différentielle $d(k)$	14
1.4.11 Non-linéarité intégrale de la base de temps	14
1.4.12 Fréquence d'échantillonnage	16
1.4.13 Incertitude sur la période d'échantillonnage	16
1.4.14 Longueur de l'enregistrement	16
1.4.15 Erreur de quantification	16
1.4.16 Temps de montée T_r	16
1.4.17 Durée de préchauffage	16
1.5 Impédance d'entrée	16
1.6 Calibrage et analyse	16
1.6.1 Procédures de calibrage	16
1.6.2 Analyse	18
1.6.3 Procédures pour lire les enregistrements numériques	18

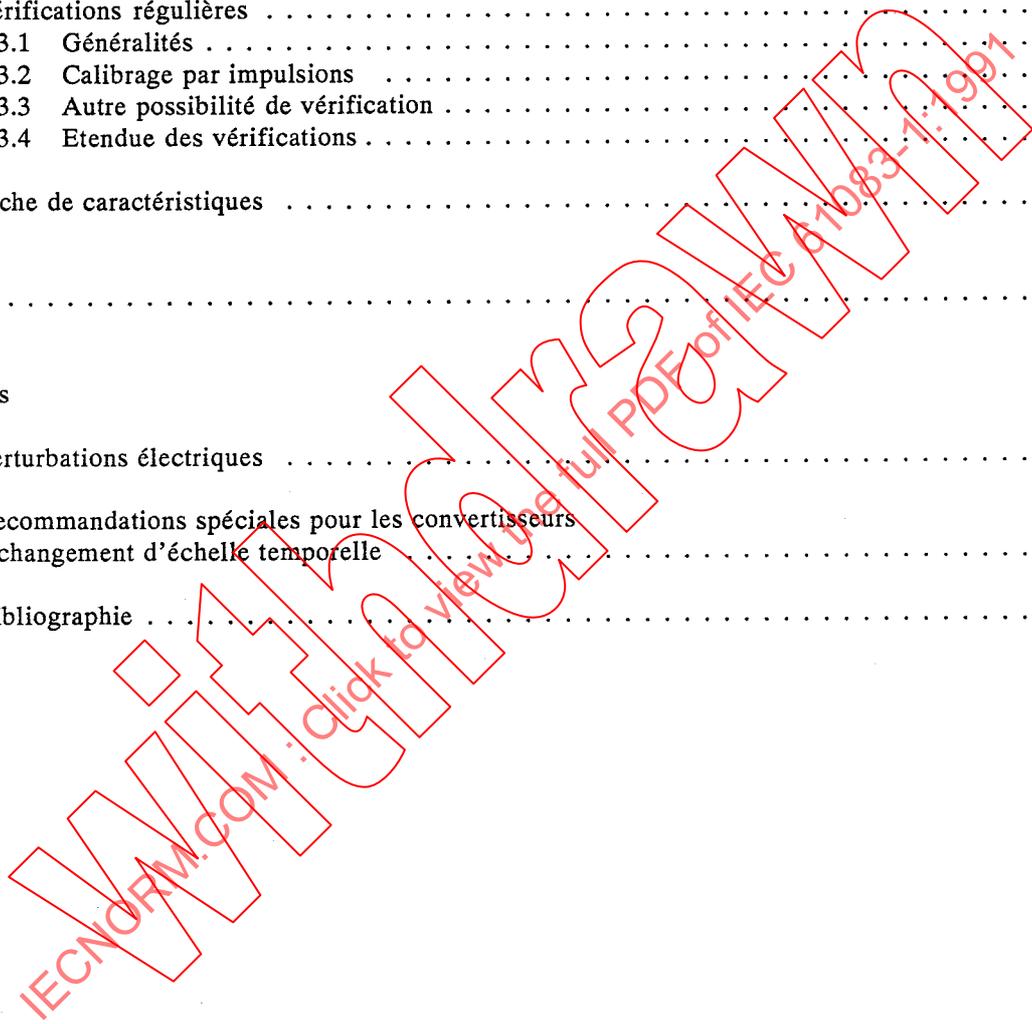
Section 2 : Prescriptions et essais

2.1 Exactitude requise pour la mesure des impulsions	22
2.1.1 Erreur totale maximale	22
2.1.2 Limites des erreurs individuelles	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Section 1: General	
Clause	
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	9
1.3 Conditions of use	11
1.3.1 Range of operating conditions	11
1.3.2 Reference conditions	11
1.4 Definitions and symbols	13
1.4.1 Digital recorder (for measurements in HV impulse tests)	13
1.4.2 Output of a digital recorder	13
1.4.3 Scale factor	13
1.4.4 Quantization characteristic	15
1.4.5 Integral non-linearity $s(k)$	15
1.4.6 Rated resolution r	15
1.4.7 Full-scale deflection $f.s.d.$	15
1.4.8 Code bin width $w(k)$ of code k	15
1.4.9 Average code bin width w_0	15
1.4.10 Differential non-linearity $d(k)$	15
1.4.11 Integral non-linearity of the time base	15
1.4.12 Sampling rate	17
1.4.13 Sampling interval uncertainty	17
1.4.14 Record length	17
1.4.15 Quantization error	17
1.4.16 Rise-time T_r	17
1.4.17 Warm-up time	17
1.5 Input impedance	17
1.6 Calibration and analysis	17
1.6.1 Calibration procedures	17
1.6.2 Analysis	19
1.6.3 Procedures for reading digital records	19
Section 2: Requirements and tests	
2.1 Accuracy requirements for impulse measurements	23
2.1.1 Limits on overall uncertainty	23
2.1.2 Limits on individual uncertainties	23

Articles	Pages
2.2 Vérification des caractéristiques	26
2.2.1 Calibrage sous tension continue	26
2.2.2 Non-linéarité différentielle en régime dynamique	28
2.2.3 Niveau de bruit interne	28
2.2.4 Calibrage temporel	28
2.2.5 Temps de montée	28
2.2.6 Mesure du coefficient de conversion dynamique	28
2.2.7 Essai de perturbations électriques	32
2.2.8 Ondulation	32
2.3 Vérifications régulières	32
2.3.1 Généralités	32
2.3.2 Calibrage par impulsions	34
2.3.3 Autre possibilité de vérification	34
2.3.4 Etendue des vérifications	34
2.4 Fiche de caractéristiques	34
Figures	38 à 44
Annexes	
A Perturbations électriques	46
B Recommandations spéciales pour les convertisseurs à changement d'échelle temporelle	52
C Bibliographie	54



Clause	Page
2.2 Performance tests	27
2.2.1 Direct voltage calibration	27
2.2.2 Differential non-linearity under dynamic conditions	29
2.2.3 Internal noise level	29
2.2.4 Time calibration	29
2.2.5 Rise-time	29
2.2.6 Measurement of the impulse scale factor	29
2.2.7 Interference test	33
2.2.8 Ripple	33
2.3 Performance checks	33
2.3.1 General	33
2.3.2 Pulse calibration	35
2.3.3 Alternative check	35
2.3.4 Application	35
2.4 Record of performance	35
Figures	38 to 44
Annexes	
A Electromagnetic interference	47
B Special recommendations for scan converters	53
C Bibliography	55

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ENREGISTREURS NUMÉRIQUES POUR LES MESURES PENDANT
LES ESSAIS DE CHOC À HAUTE TENSION**

Partie 1 : Prescriptions pour enregistreurs numériques

AVANT-PROPOS

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

La présente partie de la Norme internationale CEI 1083 a été établie par le Comité d'Études n° 42 de la CEI : Technique des essais à haute tension.

Cette partie constitue la partie 1 d'une série de deux parties; elle constitue la première édition de la CEI 1083-1. Les parties sont :

Partie 1 : Prescriptions pour enregistreurs numériques

Partie 2 : Traitement numérique (à l'étude)

La texte de cette partie est issu des documents suivants :

Règle des Six Mois	Rapport de vote
42(BC)43	42(BC)46

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

Les annexes A, B, et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DIGITAL RECORDERS FOR MEASUREMENTS IN
HIGH-VOLTAGE IMPULSE TESTS**
Part 1: Requirements for digital recorders

FOREWORD

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

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 42: High-voltage testing techniques.

This standard forms part 1 of a series of two parts and is the first edition of IEC 1083-1. The parts are:

Part 1: Requirements for digital recorders

Part 2: Digital signal processing (under consideration)

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

Six Months' Rule	Report on Voting
42(CO)43	42(CO)46

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Annexes A, B and C are for information only.

ENREGISTREURS NUMÉRIQUES POUR LES MESURES PENDANT LES ESSAIS DE CHOC À HAUTE TENSION

Partie 1 : Prescriptions pour enregistreurs numériques

Section 1 : Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 1083 est applicable aux enregistreurs numériques et aux oscilloscopes numériques utilisés pour les mesures pendant les essais de choc mettant en oeuvre des tensions élevées ou de forts courants. Elle prescrit les caractéristiques et calibrages imposés pour respecter les procédures et les précisions de mesure spécifiées dans la CEI 60-1.

La présente partie :

- définit les termes particuliers relatifs aux enregistreurs numériques utilisés pour les mesures pendant les essais de choc mettant en oeuvre des tensions élevées ou de forts courants;
- donne les prescriptions que doivent respecter les enregistreurs numériques pour permettre des mesures en accord avec les prescriptions relatives aux essais de choc mettant en oeuvre des tensions élevées ou de forts courants;
- établit les essais et méthodes nécessaires pour respecter ces prescriptions.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1083. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de la CEI 1083 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60-1 : 1989, *Techniques des essais à haute tension — Première partie : Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.*

CEI 60-3 : 1976, *Techniques des essais à haute tension — Troisième partie : Dispositifs de mesure.*

CEI 60-4 : 1977, *Techniques des essais à haute tension — Quatrième partie : Guide d'application des dispositifs de mesure.*

DIGITAL RECORDERS FOR MEASUREMENTS IN HIGH-VOLTAGE IMPULSE TESTS

Part 1: Requirements for digital recorders

Section 1: General

1.1 Scope

This part of IEC 1083 is applicable to digital recorders and digital oscilloscopes 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 accuracies and procedures specified in IEC 60-1.

This part:

- defines the terms specifically related to the digital recorders used for measurements during high voltage and high current impulse tests;
- specifies the necessary requirements for such digital recorders to ensure their compliance with the requirements for high voltage and for high current impulse tests; and
- establishes the tests and procedures which are necessary to fulfil these requirements.

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1083. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1083 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements.*

IEC 60-3: 1976, *High-voltage test techniques — Part 3: Measuring devices.*

IEC 60-4: 1977, *High-voltage test techniques — Part 4: Application guide for measuring devices.*

1.3 Conditions d'utilisation

1.3.1 Domaines des conditions de fonctionnement

Les domaines des conditions de fonctionnement indiqués au tableau 1 sont ceux pour lesquels il convient que l'instrument fonctionne correctement et respecte les prescriptions du 2.1.1 relatives à la précision, après qu'il a été étalonné.

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.

Tableau 1 — Conditions de fonctionnement normales

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

Si l'instrument est utilisé dans des conditions différentes de celles qui sont spécifiées au tableau 1, des précautions spéciales peuvent être nécessaires.

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

1.3.2 Conditions de référence

Les conditions de référence sont celles sous lesquelles la précision de l'instrument doit être spécifiée et sous lesquelles les mesures de la précision doivent être faites. Les conditions de référence sont données dans le tableau 2. On doit indiquer la température de référence utilisée.

1.3 Conditions of use

1.3.1 Range of operating conditions

The range of operating conditions given in table 1 are those under which the instrument should operate satisfactorily and meet the accuracy requirements specified in 2.1.1 when it has been calibrated.

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.

Table 1 — Normal operating conditions

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

If the instrument is operated under conditions different from those specified in table 1, special precautions may be necessary.

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

1.3.2 Reference conditions

The reference conditions are those for which the accuracy of the instrument shall be specified and under which investigation of the accuracy shall be made. The reference conditions are given in table 2. The reference temperature shall be specified.

Tableau 2 — Conditions de référence

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

1.4 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 1083, les définitions suivantes s'appliquent.

1.4.1 Enregistreur numérique (pour les essais de choc à haute tension)

Instrument qui peut enregistrer, temporairement, sous forme numérique une onde de choc haute tension ou fort courant et qui peut convertir cet enregistrement temporaire en un enregistrement permanent. L'enregistrement permanent doit pouvoir être affiché sous la forme d'une courbe analogique.

1.4.2 Indication de sortie de l'enregistreur numérique

Nombre entier correspondant à la valeur de la tension d'entrée présente à l'instant de l'échantillonnage.

NOTE — Le décalage d'origine est l'indication de sortie pour une tension d'entrée nulle.

1.4.3 Coefficient de conversion

Facteur 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 ; il est déterminé par un calibrage adéquat (voir 2.2).

1.4.3.1 Coefficient de conversion statique F_s

Facteur par lequel l'indication de sortie, décalage d'origine déduit, est multipliée pour déterminer la valeur du signal d'entrée continu mesuré.

Table 2 — Reference conditions

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

1.4 Definitions and symbols

For the purposes of this part of IEC 1083, the following definitions apply.

1.4.1 Digital recorder (for measurements in HV impulse tests)

An instrument which can make a temporary digital record of a scaled high voltage or high current impulse and which can convert this temporary digital record to a permanent record. The permanent digital record shall be displayed in the form of an analog graph.

1.4.2 Output of a digital recorder

The integer number allocated to the value of the input voltage at the time of sampling.

NOTE — The offset is the output for zero input.

1.4.3 Scale factor

The 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 attenuator and is determined by appropriate calibration (see 2.2).

1.4.3.1 Static scale factor F_s

The factor by which the output corrected for offset is multiplied in order to determine the measured value of a d.c. input.

1.4.3.2 Coefficient de conversion dynamique F_i

Facteur par lequel l'indication de sortie, décalage d'origine déduit, est multipliée pour déterminer la valeur mesurée d'une impulsion d'entrée de même forme que l'impulsion haute tension utilisée pour les essais de choc (voir 2.2.6.1).

1.4.4 Caractéristique de transfert

Courbe montrant la relation entre l'indication de sortie de l'enregistreur numérique et la tension d'entrée continue qui produit cette indication de sortie (voir figure 1).

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

1.4.5 Non-linéarité intégrale $s(k)$

Ecart entre un point de la caractéristique de transfert mesurée et sa valeur idéale calculée en utilisant le coefficient de conversion statique (voir figure 2).

1.4.6 Résolution assignée r

Valeur nominale de la plus petite variation qui peut être détectée. Elle est exprimée par l'inverse de deux élevé à la puissance du nombre nominal de bits N , soit $r = 2^{-N}$.

1.4.7 Pleine échelle f.s.d.

Variation minimale du signal d'entrée qui produit une variation de l'indication de sortie égale à $(2^N - 1)$.

1.4.8 Pas de quantification $w(k)$ de l'indication de sortie k

Plage de la tension d'entrée correspondant à l'indication de sortie k (voir figure 1).

1.4.9 Pas de quantification moyen w_0

Produit de la pleine échelle par la résolution assignée.

NOTE — Le pas de quantification moyen est égal, en première approximation, au coefficient de conversion statique.

1.4.10 Non-linéarité différentielle $d(k)$

Différence entre la valeur mesurée d'un pas de quantification et la valeur moyenne du pas de quantification, le tout divisé par la valeur moyenne du pas de quantification (voir figure 3).

NOTE — La non-linéarité différentielle est exprimée en p.u. du pas de quantification moyen.

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

1.4.11 Non-linéarité intégrale de la base de temps

Différence entre un intervalle de temps connu et sa valeur, mesurée à partir d'un enregistrement, qui est égale au nombre d'échantillons multiplié par la période d'échantillonnage.

1.4.3.2 *Impulse scale factor F_i*

The factor by which the output corrected for offset is multiplied in order to determine the measured value of an input pulse of a similar shape to the relevant standard HV impulse (see 2.2.6.1).

1.4.4 *Quantization characteristic*

The characteristic showing the relationship between the output of the digital recorder and the d.c. input voltage 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.

1.4.5 *Integral non-linearity $s(k)$*

The difference between corresponding points on the measured quantization characteristic and on the calculated quantization characteristic which is based on the static scale factor (see figure 2).

1.4.6 *Rated resolution r*

The nominal minimum increment which can be detected. It is expressed by the reciprocal of two to the power of the rated number of bits N , namely $r = 2^{-N}$.

1.4.7 *Full-scale deflection f.s.d.*

The smallest input voltage which produces a change in the output equal to $(2^N - 1)$.

1.4.8 *Code bin width $w(k)$ of code k*

The range of input voltage allocated to code k (see figure 1).

1.4.9 *Average code bin width w_0*

The product of the full-scale deflection and the rated resolution.

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

1.4.10 *Differential non-linearity $d(k)$*

The difference between a measured code bin width and the average code bin width divided by the average code bin width (see figure 3).

NOTE — The differential non-linearity is expressed in per unit of the average code bin width.

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

1.4.11 *Integral non-linearity of the time base*

The difference between a known time interval and its value determined from the record as the product of the sample interval and the recorded number of samples.

1.4.12 *Fréquence d'échantillonnage*

Nombre d'échantillons enregistrés par unité de temps.

NOTES 1 La fréquence d'échantillonnage est exprimée en échantillons par seconde.

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

1.4.13 *Incertitude sur la période d'échantillonnage*

Ecart type de la distribution des durées comprises entre deux instants d'échantillonnage successifs.

1.4.14 *Longueur de l'enregistrement*

Nombre total d'échantillons qui peuvent être stockés en un seul enregistrement.

1.4.15 *Erreur de quantification*

Différence entre la valeur du signal d'entrée divisé par le coefficient de conversion d'une part et l'indication de sortie quantifiée la plus proche d'autre part.

1.4.16 *Temps de montée T_r*

Durée entre deux points (10 % et 90 % du niveau établi) de la réponse de l'enregistreur numérique à un échelon appliqué à son entrée.

1.4.17 *Durée de préchauffage*

Durée s'écoulant entre l'instant de première mise sous tension et celui où l'enregistreur numérique respecte toutes ses prescriptions.

NOTE — La durée de préchauffage est habituellement spécifiée pour les conditions de référence, elle peut être plus longue dans les conditions d'utilisation.

1.5 **Impédance d'entrée**

Selon le type du dispositif utilisé pour mesurer la haute tension ou le courant, l'impédance d'entrée de l'enregistreur numérique devrait être adaptée à l'impédance caractéristique du câble coaxial de mesure ou bien être supérieure ou égale à 1 M Ω avec au plus 50 pF en parallèle.

1.6 **Calibrage et analyse**

1.6.1 *Procédures de calibrage*

L'une de méthodes décrites en 1.6.1.1 ou 1.6.1.2 doit être utilisée. Le calibrage doit être effectué pour chaque base de temps et gamme de tension utilisées lors de l'essai haute tension.

1.4.12 *Sampling rate*

The number of samples taken per unit of time.

NOTES 1 The sampling rate is expressed in samples per second.

2 The sampling interval is the reciprocal of the sampling rate.

1.4.13 *Sampling interval uncertainty*

The standard deviation of the distribution of time intervals between adjacent instants of sampling.

1.4.14 *Record length*

The total number of samples which are stored in one record.

1.4.15 *Quantization error*

The difference between the input voltage divided by the scale factor on the one hand and the nearest digital code on the other.

1.4.16 *Rise-time T_r*

Time interval between two points at 10 % and 90 % of the settling level of the digital recorder's response to a step applied to the input.

1.4.17 *Warm-up time*

The time interval from when the digital recorder is first switched on to when the instrument meets all the requirements.

NOTE — The warm-up time is usually specified for reference conditions and may be longer under operating conditions.

1.5 **Input impedance**

Depending on the type of high voltage or current measuring device used, the input impedance of the digital recorder should match the impedance of the coaxial cable or be not less than 1 M Ω with not more than 50 pF in parallel.

1.6 **Calibration and analysis**

1.6.1 *Calibration procedures*

One of the methods described in 1.6.1.1 or 1.6.1.2 shall be used. The calibration shall be performed for each time sweep and voltage range used in the high voltage test.

1.6.1.1 *Calibrage séparé de la tension et du temps*

On doit effectuer un calibrage en temps et tension selon 2.2.4 et 2.2.6.2 respectivement.

1.6.1.2 *Méthode de l'équivalence*

Une procédure pour obtenir des mesures précises, semblable à celle décrite dans la CEI 790 (voir annexe C), est donnée ci-après.

Le calibrage doit comprendre trois enregistrements obtenus avec la même base de temps. Ces enregistrements peuvent être tracés sur papier (figure 4) ou affichés.

Enregistrement 1 : enregistrement de l'impulsion.

Enregistrement 2 : enregistrement d'une impulsion calibrée (voir paragraphe 2.2.6.1) telle que la valeur crête enregistrée soit inférieure à celle observée dans l'enregistrement 1.

Enregistrement 3 : enregistrement d'une impulsion calibrée telle que la valeur crête enregistrée soit supérieure à celle observée dans l'enregistrement 1.

1.6.2 *Analyse*

L'analyse d'une impulsion non répétitive exige la détermination successive :

- (1) du niveau de la base (zéro) et celui du sommet (crête)
- (2) de l'amplitude de l'impulsion
- (3) des lignes et des points à 10 %, 30 %, 50 % et 90 % de l'amplitude de l'impulsion
- (4) des niveaux de toutes les autres caractéristiques de la forme d'onde de l'impulsion par le calcul des différences entre paires de droites ou de points.

1.6.3 *Procédures pour lire les enregistrements numériques*

Les procédures suivantes utilisent certains des avantages d'un enregistrement numérique. D'autres algorithmes peuvent être utilisés pour améliorer la précision de la lecture. Une étape essentielle pour évaluer toutes les procédures est la comparaison des résultats calculés avec les données brutes.

1.6.3.1 *Lecture utilisant un curseur*

Cette procédure permet un accès direct à l'enregistrement numérique (durée et amplitude) mais l'appréciation de l'opérateur reste nécessaire pour choisir les points qui permettent d'évaluer les paramètres. La procédure d'évaluation des paramètres est décrite dans l'article 8 de la CEI 60-3.

1.6.3.2 *Lecture de l'amplitude par un algorithme*

Des algorithmes pour la détermination du niveau de la base (zéro), du niveau du sommet (crête) et l'amplitude de l'impulsion sont décrits ci-après. Les autres paramètres de la forme de l'onde sont calculés directement à partir de ceux-ci (voir CEI 469-1 citée en annexe C).

- Détermination du niveau de la base (zéro) comme la moyenne de plusieurs (au moins dix) indications de sortie dans la zone initiale plate de l'enregistrement qui précède l'impulsion.

1.6.1.1 *Separate calibration of voltage and time*

The time and voltage scales shall be calibrated using the methods given in 2.2.4 and 2.2.6.2.

1.6.1.2 *Equivalent oscillogram method*

A procedure for obtaining accurate measurements which is equivalent to that approved in IEC 790 (see annex C) is given below.

The calibration shall consist of three records obtained with the same sweep time. These records should be plotted (figure 4) or displayed.

Record 1 — The record of the impulse.

Record 2 — The record of a calibration pulse (see 2.2.6.1) whose peak is smaller than that of record 1.

Record 3 — The record of a calibration pulse whose peak is larger than that of record 1.

1.6.2 *Analysis*

The analysis of the impulse waveform requires the sequential determination of:

- (1) base magnitude (zero) and top magnitude (peak)
- (2) pulse amplitude
- (3) lines and points at 10 %, 30 %, 50 % and 90 % of pulse amplitude
- (4) magnitudes of all other waveform characteristics as computed differences between line and point pairs.

1.6.3 *Procedures for reading digital records*

The following procedures exploit some of the advantages of digital records. Other algorithms can be used to give further improvements in accuracy. An essential step in evaluating all procedures is the comparison of processed and raw data.

1.6.3.1 *Reading using a cursor*

This procedure allows direct access to the digital record (time and amplitude) but the operator still uses his/her judgement in evaluating the parameters. The evaluation procedure is described in clause 8 of IEC 60-3.

1.6.3.2 *Reading amplitudes using algorithms*

Algorithms for the determination of base magnitude (zero), top magnitude (peak), and pulse amplitude are described. The determination of all other pulse waveform characteristics proceeds directly from these determinations (see IEC 469-1 quoted in annex C).

- Determination of the base magnitude as an average of several (not less than ten) samples in the initial flat part of the record which precedes the impulse.

- Détermination du niveau du sommet d'une impulsion lisse comme la plus grande indication de sortie enregistrée.

NOTE — La valeur de crête des chocs de foudre avec des oscillations superposées peut être différente du niveau du sommet (voir CEI 60-3, article 8).

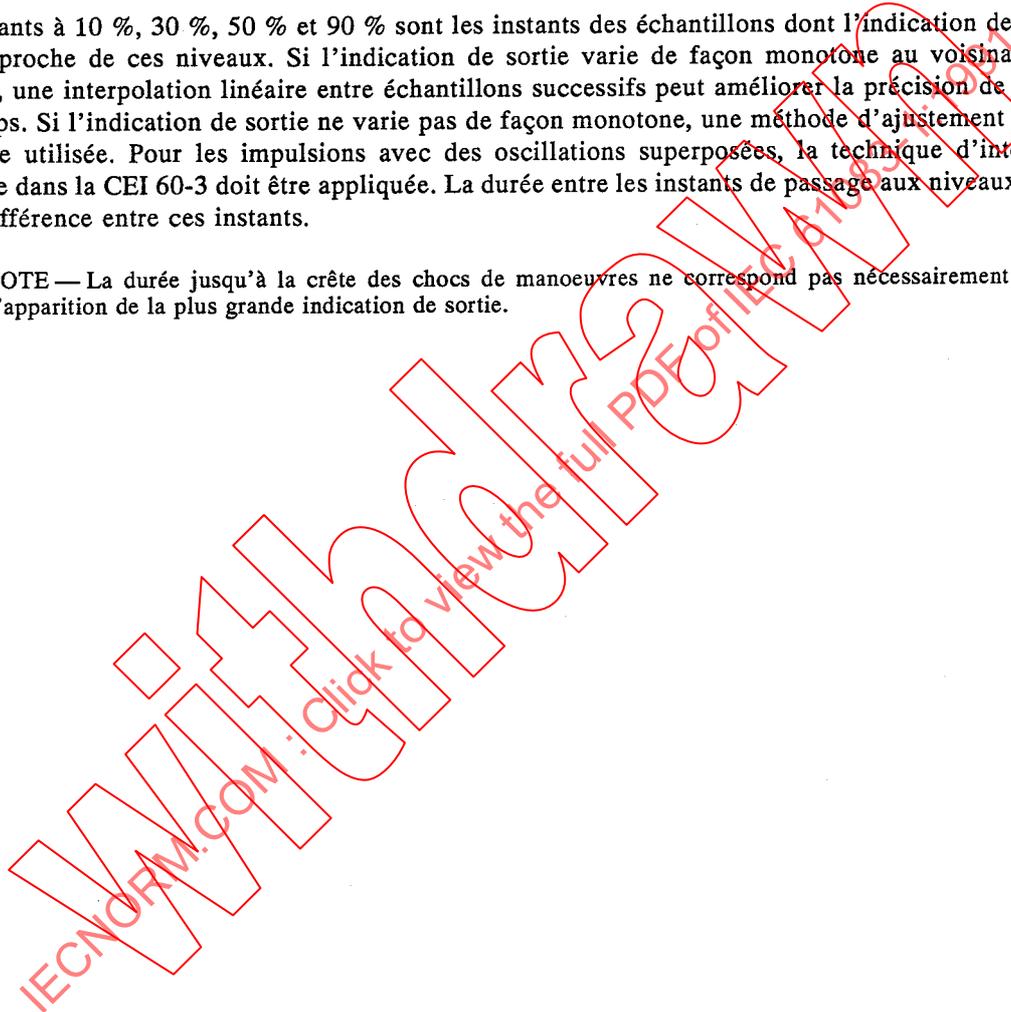
- Détermination de l'amplitude de l'impulsion comme la différence entre le niveau du sommet et le niveau de la base.

- Détermination des niveaux à 10 %, 30 %, 50 %, 90 % de l'amplitude de l'impulsion.

1.6.3.3 Lecture des temps par un algorithme

Les instants à 10 %, 30 %, 50 % et 90 % sont les instants des échantillons dont l'indication de sortie est la plus proche de ces niveaux. Si l'indication de sortie varie de façon monotone au voisinage de ces niveaux, une interpolation linéaire entre échantillons successifs peut améliorer la précision de la mesure des temps. Si l'indication de sortie ne varie pas de façon monotone, une méthode d'ajustement de courbe peut être utilisée. Pour les impulsions avec des oscillations superposées, la technique d'interpolation spécifiée dans la CEI 60-3 doit être appliquée. La durée entre les instants de passage aux niveaux spécifiés est la différence entre ces instants.

NOTE — La durée jusqu'à la crête des chocs de manoeuvres ne correspond pas nécessairement à l'instant d'apparition de la plus grande indication de sortie.



- Determination of the top magnitude of a smooth impulse as the highest sample recorded.

NOTE — The lightning impulse with superimposed oscillations may have a peak value different from the top magnitude (see IEC 60-3, clause 8).

- Determination of pulse amplitude as the difference between the top magnitude and the base magnitude.
- Determination of the levels at 10 %, 30 %, 50 % and 90 % of the pulse amplitude.

1.6.3.3 Reading time parameters using algorithms

The time to 10 %, 30 %, 50 % and 90 % is determined as the time of the sample nearest to the respective level. If the samples in vicinity of the sought level increase or decrease monotonically a linear interpolation between adjacent samples may improve the accuracy of the measured time. If the record in this vicinity is non-monotonic a curve-fitting technique may improve the accuracy of the measured time. For impulses with a superimposed oscillation the technique specified in IEC 60-3 shall be applied. The time interval between specified levels is determined as the difference between their respective times.

NOTE — The time to peak of a switching impulse does not necessarily correspond to the time of the highest sample.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61053-1:2011

Withdwn

Section 2 : Prescriptions et essais

2.1 Exactitude requise pour la mesure des impulsions

2.1.1 Erreur totale maximale

L'erreur totale de l'enregistreur numérique doit être inférieure à :

$\pm 2,0$ % sur la mesure de la tension (courant) de crête,

$\pm 4,0$ % sur la mesure des paramètres temporels (temps de front, durée jusqu'à la coupure, etc.) de l'impulsion.

L'enregistreur numérique doit respecter les prescriptions sans utiliser de traitement numérique du signal brut. Si cette condition est remplie, le traitement du signal est autorisé pour améliorer la précision de la lecture. Cependant, les données brutes doivent être conservées.

Pour rester dans ces limites, il convient que les limites données pour les erreurs individuelles en 2.1.2 soient respectées. Toutefois, une ou plusieurs de ces limites peuvent être dépassées à condition que l'erreur totale autorisée ne soit pas dépassée.

2.1.2 Limites des erreurs individuelles

2.1.2.1 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à $30/T_x$ échantillons par seconde. On appelle T_x la durée à mesurer.

Par exemple, le temps de front T_1 d'une onde de foudre est déterminé à partir de la durée T_x comprise entre T_{30} et T_{90} ; $T_1 = 1,67 T_x$. La valeur de T_x est celle qui a été réellement enregistrée au cours de l'essai.

Exception :

Une fréquence d'échantillonnage légèrement inférieure à $30/T_x$ échantillons par seconde est autorisée pour la détermination des paramètres temporels d'un choc plein en utilisant une interpolation linéaire entre les échantillons à condition que l'enregistreur numérique ait une incertitude sur la fréquence d'échantillonnage et une non-linéarité intégrale de la base du temps bien inférieures aux limites données en 2.1.2.5. Cela doit être démontré expérimentalement en utilisant l'essai de 2.2.4.

Pour mesurer les oscillations sur le front de l'onde, la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à $8 f_{max}$. On appelle f_{max} la fréquence maximale qui peut apparaître dans le circuit d'essai (CEI 60-3, paragraphe 8.3).

2.1.2.2 Résolution assignée

Une résolution assignée supérieure ou égale à 0,4 % de la pleine échelle (2^{-8} fois la pleine échelle) est recommandée pour les essais où les paramètres de l'impulsion sont seuls évalués. Pour les essais qui nécessitent une comparaison d'enregistrements, une résolution assignée supérieure ou égale à 0,2 % de la pleine échelle (2^{-9}) est recommandée.

Section 2: Requirements and tests

2.1 Accuracy requirements for impulse measurements

2.1.1 Limits on overall uncertainty

The overall uncertainty of the digital recorder shall not be more than:

±2,0 % in the impulse peak voltage (current) measurement,

±4,0 % in the measurement of the time parameters (front time, time to chopping, etc.) of the impulse.

Digital recorders shall meet these requirements without signal processing of the raw data record. If the requirements are met, then signal processing is permitted to enhance the reading accuracy. However, the raw data must be retained.

In order to stay within these limits, the limits for individual uncertainties given in 2.1.2 should 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 Limits on individual uncertainties

2.1.2.1 Sampling rate

The sampling rate shall be greater than, or equal to, $30/T_x$ samples/sec where T_x is the time interval to be measured.

For example, the front time T_1 of the lightning impulse is determined from the time interval T_x between T_{30} and T_{90} ; $T_1 = 1,67 T_x$. The value of T_x is to be read from the record.

Exception:

A slightly lower sampling rate than that determined from $30/T_x$ is allowed for the determination of the time parameters of full lightning impulses using linear interpolation between samples, provided that the digital recorder has both its sample interval uncertainty and its integral non-linearity of the time base much less than the limits given in 2.1.2.5. This shall be experimentally demonstrated using the test given in 2.2.4.

To measure front oscillations the sampling rate shall be greater than, or equal to, $8 f_{max}$ where f_{max} is the maximum frequency which can occur in the test circuit (IEC 60-3, subclause 8.3).

2.1.2.2 Rated resolution

A rated resolution of 0,4 % of the full-scale deviation (2^{-8} full-scale deviation) or better is recommended for tests where only the impulse parameters are to be evaluated. For tests which require comparison of records a rated resolution of 0,2 % of the full-scale deviation (2^{-9} full-scale deviation) or better is recommended.

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

2.1.2.3 Exactitude de la lecture

La méthode de lecture de l'enregistrement ne doit pas produire une erreur supérieure à 1 % du paramètre lu.

2.1.2.4 Non-linéarité en amplitude

La non-linéarité intégrale doit être inférieure à $\pm 0,5$ % de la pleine échelle. La non-linéarité différentielle doit être inférieure à $\pm 0,8$ p.u. du pas de quantification moyen. Cette sanction est applicable pour les essais statiques et les essais dynamiques.

2.1.2.5 Non-linéarité de la base de temps

La non-linéarité intégrale de la base de temps doit être inférieure à 2 % de T_x . On appelle T_x la durée à mesurer. Si la non-linéarité intégrale de la base de temps est comprise entre 2 % de T_x et 0,5 % de T_x , la base de temps doit être calibrée à chaque enregistrement. Si la non-linéarité intégrale de la base de temps est inférieure à 0,5 % de T_x , seul un calibrage périodique est nécessaire.

L'incertitude sur la période d'échantillonnage doit être inférieure à un sixième de la période d'échantillonnage.

2.1.2.6 Coefficient de conversion dynamique

Le coefficient de conversion dynamique doit être constant, à ± 1 % près, pendant l'intervalle de temps $0,5 T_1$ à $2 T_2$.

T_1 et T_2 sont définis à l'article 18 de la CEI 60-1. Pour les chocs coupés, on remplace T_2 par T_c . Pour les ondes de manoeuvre, T_1 est défini selon la méthode utilisée pour les chocs pleins.

2.1.2.7 Temps de montée

Le temps de montée de l'enregistreur numérique doit être inférieur ou égal à $1/(2 \pi f_{max})$ (voir CEI 60-3, paragraphe 8.3).

De plus, T_r doit être inférieur à $0,03 T_x$. On appelle T_x la durée à mesurer.

2.1.2.8 Niveau de bruit interne

Le niveau de bruit interne, mesuré selon 2.2.3, doit être inférieur à 0,4 % de la pleine échelle pour la mesure des paramètres de l'impulsion et inférieur à 0,1 % de la pleine échelle pour des mesures comparatives.

2.1.2.9 Limites des perturbations électriques

La variation maximale de la valeur de référence pendant l'essai d'influence des perturbations doit être inférieure à 1 % de la pleine échelle. Des valeurs supérieures sont autorisées si la perturbation n'apparaît qu'à des instants où elle ne perturbe pas la précision des mesures.

NOTE — The best resolution available from an analog oscilloscope is about 0,3 % of the full-scale deflection. Hence the above limit of 0,2 % full-scale deviation ensures that a digital recorder used for comparative measurements will perform at least as well as an oscilloscope.

2.1.2.3 Accuracy of the reading process

The method of reading the record shall not produce an uncertainty greater than 1% of the read parameter.

2.1.2.4 Non-linearity of amplitude

The static integral non-linearity shall be within $\pm 0,5$ % of the full-scale deflection. The differential non-linearity shall be within $\pm 0,8$ per unit of the average code bin width, for both static and dynamic tests.

2.1.2.5 Non-linearity of time base

The integral non-linearity of the time base shall be less than 2 % of T_x , where T_x is the time interval to be measured. If the integral non-linearity is between 2 % of T_x and 0,5 % of T_x then the time base shall be calibrated for each record. If the integral non-linearity is less than 0,5 % of T_x then only periodic calibration is needed.

The sampling interval uncertainty shall be less than one sixth of the sampling interval.

2.1.2.6 Impulse scale factor

The impulse scale factor shall be constant within ± 1 % over the time interval $0,5 T_1$ to $2 T_2$.

T_1 and T_2 are defined in clause 18 of IEC 60-1. For chopped impulses, replace T_2 by T_c . For switching impulses, T_1 is defined in the same manner as for lightning impulses.

2.1.2.7 Rise-time

The rise-time of the digital recorder shall be less than or equal to $1/(2 \pi f_{max})$ (see IEC 60-3, subclause 8.3).

Furthermore, T_r shall be not more than $0,03 T_x$, where T_x is the time interval to be measured.

2.1.2.8 Internal noise levels

The internal noise level as measured in 2.2.3 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 comparative measurements.

2.1.2.9 Limits of interferences

The maximum deflection from the reference line in the interference test shall be not more than 1 % of the full-scale deflection. Greater values are permitted if the interference only occurs in a time interval where it does not affect the accuracy of the measurement.

2.1.2.10 Ondulation

L'ondulation provoquée par l'alimentation ou d'autres sources ne doit pas déformer l'indication de sortie de plus de 0,4 % de la pleine échelle pour la mesure des paramètres de l'impulsion et de plus de 0,1 % pour des mesures comparatives.

2.2 Vérification des caractéristiques

Ces vérifications doivent être effectuées sur chaque nouvel enregistreur numérique, après chaque réparation importante, ou quand il y a un doute sur les caractéristiques de l'enregistreur numérique.

2.2.1 Calibrage sous tension continue

Etape A : Appliquer une tension (V_1) légèrement inférieure (d'environ 2% de la pleine échelle) à la tension minimale qui peut être enregistrée. Enregistrer et mémoriser la valeur moyenne sous le nom $A(i)$ 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. Cet accroissement devrait être compris entre 1/10 et 1/4 du pas de quantification moyen. Enregistrer et mémoriser la valeur moyenne sous le nom $A(i + 1)$.

Etape C : Répéter l'étape B en utilisant le même accroissement à chaque fois jusqu'à ce que la pleine échelle soit balayée. A chaque répétition, ajouter 1 à la variable i .

NOTE — Cette procédure est illustrée pour la $k^{\text{ième}}$ transition aux figures 5a et 5b.

Etape D : Déterminer le seuil de transition $c(k)$ entre les indications de sortie k et $k + 1$:

- (a) trouver $A(n)$ pour la plus grande valeur de n telle que $A(n)$ soit inférieure ou égale à $k + 1/2$
- (b) trouver $A(m)$ pour la plus petite valeur de m (m étant supérieur à n) telle que $A(m)$ soit supérieure ou égale à $k + 1/2$
- (c) le seuil de transition $c(k)$ de l'indication de sortie k à l'indication de sortie $(k + 1)$ est :

$$c(k) = V_1 + n\Delta V + \frac{k + 1/2 - A(n)}{A(m) - A(n)} (m - n) \Delta V$$

Etape E : La valeur de tension associée à l'indication de sortie k , $p(k)$ est la moyenne des deux seuils de transition qui entourent l'indication de sortie k :

$$p(k) = 1/2 \{c(k) + c(k - 1)\}$$

Le pas de quantification $w(k)$ pour l'indication de sortie k est :

$$w(k) = c(k) - c(k - 1)$$

Etape F : Déterminer le coefficient de conversion statique (F_s) :

$$F_s = \frac{p(x) - p(y)}{x - y}$$

2.1.2.10 Ripple

The effect of any ripple from the supply line or other sources on the output of the digital recorder 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 comparative measurements.

2.2 Performance tests

These tests shall be performed on each new digital recorder and after any significant repair or when the performance of the digital recorder is in doubt.

2.2.1 Direct voltage calibration

Step A: Apply a voltage (V_1) 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 average value 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 average value as $A(i+1)$.

Step C: Repeat step B using the same increment of voltage and increasing i by 1 from 1 to as high as is needed to cover the full-scale deflection of the digital recorder.

NOTE — This procedure is illustrated in the region of the k^{th} transition in figures 5a and 5b.

Step D: Locate the code transition threshold $c(k)$ from code k to code $k + 1$ by:

- (a) find $A(n)$ for the largest value of n such that $A(n)$ is less than or equal to $k + 1/2$
- (b) find $A(m)$ for the smallest value of $m > n$ such that $A(m)$ is not less than $k + 1/2$
- (c) the code transition threshold $c(k)$ from code k to code $k + 1$ is:

$$c(k) = V_1 + n\Delta V + \frac{k + 1/2 - A(n)}{A(m) - A(n)} (m - n) \Delta V$$

Step E: The voltage, $p(k)$, is taken as the average of the two code transition thresholds which delineate level k :

$$p(k) = 1/2 \{c(k) + c(k - 1)\}$$

The width, $w(k)$ of code bin k is:

$$w(k) = c(k) - c(k - 1)$$

Step F: Determine the static scale factor F_s from:

$$F_s = \frac{p(x) - p(y)}{x - y}$$

où $(x - y)$ est supérieur ou égal à 90 % de la pleine échelle de l'indication de sortie.

Etape G : Détermination de la non-linéarité intégrale $s(k)$ pour chaque indication de sortie k :

$$s(k) = p(k) - p(y) - (k - y) F_s$$

Etape H : Détermination de la non-linéarité différentielle $d(k)$ en régime statique :

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

2.2.2 Non-linéarité différentielle en régime dynamique

Appliquer un signal triangulaire symétrique d'amplitude égale à (95 ± 5) % de la pleine échelle; la pente doit être supérieure ou égale à la pleine échelle divisée par $0,4 T_x$. La fréquence du signal triangulaire ne doit pas être un harmonique de la fréquence d'échantillonnage. Enregistrer le signal et calculer l'histogramme d'apparition de chaque indication numérique de sortie. Répéter M fois cette action et calculer l'histogramme cumulé. Cette procédure fournit habituellement un histogramme uniformément distribué, sauf aux extrémités. La partie uniformément distribuée doit être supérieure à 80 % de la pleine échelle.

La non-linéarité différentielle est égale à l'écart entre chaque case de l'histogramme et la valeur moyenne de la partie uniforme, le tout divisé par cette valeur moyenne. Le nombre de répétitions M doit être tel que la valeur moyenne de la partie uniforme soit supérieure ou égale à 100.

2.2.3 Niveau de bruit interne

Appliquer une tension continue comprise dans la gamme d'entrée de l'enregistreur numérique. Effectuer suffisamment d'enregistrements pour obtenir au moins 1 000 échantillons. L'écart type de ces échantillons par rapport à leur valeur moyenne est une bonne approximation du niveau de bruit.

2.2.4 Calibrage temporel

On effectue l'enregistrement d'un signal haute fréquence ou d'impulsions calibrées en temps issues d'un générateur étalon. La précision et la stabilité du générateur doivent être meilleures que 0,1 %. La fréquence doit être choisie de façon qu'il y ait suffisamment de périodes ou d'impulsions pour vérifier les prescriptions de 2.1.2.5.

2.2.5 Temps de montée

Appliquer à l'entrée un échelon dont le temps de montée est inférieur à 20 % du temps de montée limite donné en 2.1.2.7. Le temps de montée de l'indication de sortie est mesuré entre 10 % et 90 % du niveau permanent. L'amplitude de l'échelon doit être (95 ± 5) % de la pleine échelle.

2.2.6 Mesure du coefficient de conversion dynamique

Le coefficient de conversion dynamique doit être mesuré soit par la méthode de 2.2.6.1, soit par la méthode de 2.2.6.2.

2.2.6.1 Calibrage par impulsions

On utilise un générateur d'impulsions calibrées dont les formes d'onde sont choisies parmi celles données au tableau 3 en fonction du type de l'impulsion qui doit être mesurée.

where $(x - y)$ is greater than or equal to 90 % of the full-scale deflection

Step G: Determine the static integral non-linearity $s(k)$ for every level from:

$$s(k) = p(k) - p(y) - (k - y) F_s$$

Step H: Determine the differential non-linearity $d(k)$ under dc.condition from:

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

2.2.2 Differential non-linearity under dynamic conditions

Apply a symmetrical triangular wave whose amplitude is within (95 ± 5) % of the full-scale deflection. The slope shall be greater than or equal to $f.s.d/0,4 T_x$. 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. This procedure will usually produce a histogram with large tails on each side of an approximately uniform part. However, this uniform part shall be larger than or equal to 80% f.s.d.

The deviation of each point from the average over this approximately uniform part divided by this average is equal to the differential non-linearity. M shall be large enough so that the mean value is greater than or equal to 100.

2.2.3 Internal noise level

Apply a constant direct voltage within the range of the digital recorder. Take enough records to acquire at least 1 000 samples. The standard deviation of these samples from their mean value is an adequate approximation of the internal noise level.

2.2.4 Time calibration

The output from a time mark generator, or a high frequency oscillator, shall be applied to the input of the digital recorder and a record taken. The accuracy and stability of the calibrator shall be within 0,1 %. The frequency shall be chosen such that sufficient time marks, or cycles, shall be recorded to verify the requirements of 2.1 2.5.

2.2.5 Rise-time

Apply a step with a rise-time which is less than 20 % of the appropriate limit given in 2.1.2.7. Measure the rise-time of the record 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.

2.2.6 Measurement of the impulse scale factor

The impulse scale factor shall be measured by either the method of 2.2.6.1 or the method of 2.2.6.2.

2.2.6.1 Pulse calibration

A generator of calibration pulses whose waveshapes are chosen from those given in table 3, according to the type of HV impulse to be measured, is required.

La valeur crête (V_E) de l'impulsion calibrée est réglée entre 40 % et 100 % de la pleine échelle. Les valeurs crêtes (V_s) d'au moins 20 enregistrements d'impulsion doivent être évaluées. L'écart maximal entre une valeur crête (V_s) et la moyenne V_{sm} de ces valeurs doit être compris entre +1 % et -1 % de cette moyenne. Le coefficient de conversion dynamique est le quotient entre la valeur crête de l'entrée (V_E), exprimée en volts, et la moyenne V_{sm} des valeurs crêtes, mesurées en sortie.

Le coefficient de conversion dynamique doit être constant dans l'intervalle de temps défini en 2.1.2.6. Cela doit être vérifié au cours d'un essai de réponse à l'échelon de l'enregistreur numérique (voir figure 6).

Les paramètres temporels d'au moins 20 enregistrements d'impulsion doivent être évalués. Pour chaque paramètre temporel, l'erreur maximale entre la valeur évaluée et celle de l'impulsion calibrée doit être comprise entre +2% et -2%.

Ces paramètres peuvent être obtenus par un ou plusieurs générateurs d'impulsions calibrées. Le calibrage doit être effectué selon 2.2.6.2 ou 2.2.4 pour les paramètres qui ne sont pas couverts par le générateur.

Tableau 3 — Spécifications du générateur d'impulsions calibrées

Type de l'impulsion	Paramètre mesuré	Valeur	Précision à long terme ¹⁾	Stabilité à court terme ²⁾
Choc plein et coupé normal	Durée jusqu'à mi-valeur	60 μ s	± 2 %	$\pm 0,2$ %
	Durée du front	0,84 μ s	± 2 %	$\pm 0,5$ %
	Tension de crête	Pour produire 40 à 100 % de la pleine échelle	± 1 %	$\pm 0,2$ %
Choc coupé sur le front	Durée jusqu'à la coupure	500 ns	± 2 %	± 1 %
	Tension de crête	Pour produire 40 % à 100 % de la pleine échelle	± 1 %	$\pm 0,2$ %
Onde de manoeuvre	Durée jusqu'à la crête	20 μ s	± 2 %	$\pm 0,2$ %
	Durée jusqu'à mi-valeur	4 000 μ s	± 2 %	$\pm 0,2$ %
	Tension de crête	Pour produire 40 % à 100 % de la pleine échelle	± 1 %	$\pm 0,2$ %

¹⁾ La précision est déterminée à partir de la valeur moyenne d'une série d'au moins 20 chocs.

²⁾ La stabilité est l'écart-type d'une série d'au moins 20 chocs.

The peak value V_E of the applied calibration pulse shall be such as to produce a deflection of between 40 % and 100 % of the full-scale deflection. At least 20 pulses shall be recorded, and the output V_s corresponding to the peak value of these pulses shall be read. The mean value V_{sm} of these outputs and their deviation from this mean shall be calculated. The maximum deviation of these outputs V_s from their mean value V_{sm} shall be less than 1 % of the mean value. The impulse scale factor is the quotient of the input peak value V_E , in volts, and the output corresponding to the mean peak value V_{sm} .

The impulse scale factor shall be constant within the time interval specified in 2.1.2.6. This shall be checked by taking the step response (see figure 6).

The time parameters of at least 20 pulses shall be evaluated. The deviation of each time parameter from its input value shall be less than 2 %.

These features may be provided by one or more calibration pulse generators. The calibration shall be performed according to 2.2.6.2 or 2.2.4 for each parameter not provided by the calibration pulse generator.

Table 3 — Requirements for calibration pulse generators

Impulse type	Parameter being measured	Value	Long-term accuracy ¹⁾	Short-term stability ²⁾
Full and standard chopped lightning	Time-to-half value	60 μ s	± 2 %	$\pm 0,2$ %
	Front time	0,84 μ s	± 2 %	$\pm 0,5$ %
	Peak voltage	To produce 40 % to 100 % full-scale deflection	± 1 %	$\pm 0,2$ %
Front chopped lightning impulse	Time-to-chopping	500 ns	± 2 %	± 1 %
	Peak voltage	To produce 40 % to 100 % full-scale deflection	± 1 %	$\pm 0,2$ %
Switching impulse	Time-to-peak	20 μ s	± 2 %	$\pm 0,2$ %
	Time-to-half value	4 000 μ s	± 2 %	$\pm 0,2$ %
	Peak voltage	To produce 40 % to 100 % full-scale deflection	± 1 %	$\pm 0,2$ %

¹⁾ The accuracy is determined from the mean value of a sequence at least 20 pulses.

²⁾ The stability is the standard deviation of a sequence of at least 20 pulses.

2.2.6.2 Calibrage par échelon

Une tension continue V_{CAL} , connue à $\pm 0,1\%$, et comprise entre 40 % et 100 % de la pleine échelle, est appliquée à l'entrée, puis réduite à zéro par un dispositif de court-circuit approprié. La transition à zéro est enregistrée (voir figure 6) et l'amplitude de l'échelon $O(t)$ est calculée pour chaque échantillon appartenant à l'intervalle de temps défini au paragraphe 2.1.2.6. L'écart maximal entre l'une de ces amplitudes $O(t)$ et leur moyenne O_s doit être inférieur à $\pm 1\%$ de O_s . La valeur moyenne O_s est calculée pour au moins vingt échelons de tension. On calcule ensuite la valeur moyenne O_{sm} des valeurs O_s trouvées précédemment. L'écart entre chaque valeur O_s et O_{sm} doit être inférieur à $\pm 1\%$ de O_{sm} . Le coefficient de conversion dynamique est le quotient entre la tension d'entrée V_{CAL} et la valeur moyenne O_{sm} .

2.2.7 Essai de perturbations électriques

Cet essai permet de garantir une immunité suffisante de l'enregistreur numérique aux perturbations électriques, pour un circuit de mesure et des conditions d'utilisation données.

Pendant cet essai de perturbations électriques, le circuit de mesure (mise à la terre, position des câbles de mesure, câble de contrôle commande ou de puissance) et le circuit haute tension (position du générateur de chocs, capacité de front, dispositif de coupure, diviseur de tension) doivent être aussi voisins que possible que ceux utilisés pour l'essai haute tension, sauf l'objet en essai qu'il n'est pas nécessaire d'inclure. L'entrée du câble de mesure doit être soit court-circuitée, soit fermée sur son impédance caractéristique (meilleure représentation des conditions de test) et mise à la terre de la même manière que pour la mesure normale. On doit vérifier que l'enregistreur numérique est déclenché à l'instant approprié.

Le générateur de chocs est chargé à la tension retenue pour essai haute tension puis déclenché. On enregistre l'indication de sortie de l'enregistreur numérique. L'essai doit être effectué pour chaque type d'impulsion utilisée dans l'essai haute tension.

2.2.8 Ondulation

Appliquer une tension d'entrée continue comprise dans la gamme d'entrée de l'enregistreur numérique. Enregistrer à basse fréquence d'échantillonnage pour couvrir un cycle de la fréquence d'alimentation. Filtrer l'enregistrement pour enlever le bruit à haute fréquence. L'amplitude de l'ondulation est la moitié de la variation crête à crête de l'enregistrement filtré.

Autre essai possible : si l'enregistrement numérique ne possède pas une fréquence d'échantillonnage assez basse pour couvrir un cycle de la fréquence d'alimentation, prendre un grand nombre (au moins 200) d'enregistrements dont la durée individuelle est environ 100 μs . Ces enregistrements doivent être effectués de façon aléatoire par rapport à la tension d'alimentation. Prendre la moyenne de chaque enregistrement. L'amplitude de l'ondulation résiduelle est la moitié de la variation crête à crête de ces moyennes (voir 2.1.2.10).

2.3 Vérifications régulières

2.3.1 Généralités

Les vérifications régulières doivent être effectuées au début et à la fin de chaque période journalière d'utilisation, par exemple après la durée de préchauffage et avant la mise hors tension. Ces vérifications peuvent être soit celles décrites en 2.3.2, soit celles décrites en 2.3.3. La vérification régulière est

2.2.6.2 Step calibration

A direct voltage V_{CAL} , which is known to within $\pm 0,1\%$ and is between 40 % f.s.d. and 100 % f.s.d., is applied to the input of the digital recorder and then short-circuited to earth by an appropriate switching device. The resulting transition to zero level is recorded (see figure 6) and the output $O(t)$ is read at every sample in the time interval specified in 2.1.2.6. Each of these values $O(t)$ shall be within $\pm 1\%$ of the mean value O_s . This mean value is evaluated for each of at least twenty records of steps and O_{sm} , the mean value of these twenty O_s , is evaluated. Each O_s shall be within $\pm 1\%$ of O_{sm} . The impulse scale factor is the quotient of the input voltage V_{CAL} and O_{sm} .

2.2.7 Interference test

This test is made to ensure adequate immunity to interference of the digital recorder in a given measuring circuit and for given operating conditions.

During this interference test the measuring circuit (earthing, routing of measuring cable, control cables and power cables) and the high-voltage circuit (position of the impulse generator, front capacitor, chopping device, voltage divider) shall be as close as possible to the HV test conditions but the test object need not be included. The measuring cable shall either be short-circuited or be terminated by its characteristic impedance (whichever best represents test conditions) at the input end and earthed in the same way as for the normal measurement. Care should be taken that the digital recorder is triggered at the appropriate time.

The generator is charged to produce the test impulse and fired. A record is taken and evaluated according to 2.1.2.9. The test shall be performed with each type of impulse which is used in the high-voltage tests.

2.2.8 Ripple

Apply a d.c. voltage within the measuring range of the digital recorder. Take a record at a sufficiently slow sample rate to span one cycle of power frequency. Filter the record to remove high frequency noise. The effect of the ripple is taken as half the peak-to-peak variation of the filtered record.

Alternative test: when the digital recorder does not have a slow enough sample rate to span one cycle of power frequency take a large number (not less than 200) of records each of about 100 μ s duration. These records should be taken at random relative to power frequency. Take the average of each record. The effect of the ripple is taken as half the peak-to-peak value of these averages (see 2.1.2.10).

2.3 Performance checks

2.3.1 General

Performance checks shall be performed at the beginning and end of each daily period of use, i.e. once after the warm-up time and once before the digital recorder is switched off. The performance checks may be either those described in 2.3.2 or those described in 2.3.3. The check is considered satisfactory if both

satisfaisante si d'une part le coefficient de conversion dynamique reste constant à ± 1 % près et, d'autre part, la non-linéarité intégrale de la base de temps répond aux exigences de 2.1.2.5.

2.3.2 *Calibrage par impulsions*

Il est recommandé que le calibrage par impulsions décrit en 2.2.6.1 soit la seule vérification régulière de l'enregistreur numérique. Les paramètres de temps et d'amplitude peuvent être vérifiés directement pour le type de l'impulsion utilisée dans l'essai haute tension.

2.3.3 *Autre possibilité de vérification*

Les essais de 2.2.6.2 et 2.2.4 peuvent être utilisés pour vérifier la précision des mesures de temps et d'amplitude. S'il a été montré que les coefficients de conversion, statique et dynamique, sont égaux, le calibrage sous tension continue peut être utilisé à la place de l'essai de 2.2.6.2.

2.3.4 *Etendue des vérifications*

Les vérifications régulières doivent être effectuées pour tous les réglages de l'enregistreur numérique qui sont utilisés pour les essais de hautes tensions de chocs. En particulier, il est nécessaire de vérifier le coefficient de conversion pour chaque valeur de l'atténuateur d'entrée utilisée pendant les essais de hautes tensions de chocs.

2.4 **Fiche de caractéristiques**

La fiche de caractéristiques doit comprendre :

- Méthode de lecture de l'indication de sortie utilisée dans l'obtention de cette fiche de caractéristiques
- Coefficient de conversion statique, coefficient de conversion dynamique
- Résolution assignée
- Gamme de fréquences d'échantillonnage ou balayages
- Longueur maximale de l'enregistrement
- Organisation de la mémoire
- Temps de montée
- Résultat de l'essai de perturbations électriques
- Résultat de l'essai d'influence de l'ondulation
- Valeur et temps d'application de la tension maximale d'entrée
- Durée de préchauffage
- Niveau de bruit interne

the impulse scale factor remains constant within $\pm 1\%$ and the integral non-linearity of the time base meets the requirements given in 2.1.2.5.

2.3.2 *Pulse calibration*

It is recommended that pulse calibration as described in 2.2.6.1 be used as the sole performance check of the digital recorder. Both amplitude and time measurements can be verified directly for the type of impulse which is to be used in the high-voltage test.

2.3.3 *Alternative check*

The tests given in 2.2.6.2 and 2.2.4 can be used to verify amplitude and time measurements. If it is shown that the static and impulse scale factors are equal, then direct voltage calibration may be used in place of the test given in 2.2.6.2.

2.3.4 *Application*

The performance checks shall be performed for each setting of the digital recorder which is to be used in the high voltage impulse tests. In particular, it is essential to verify the impulse scale factor for each setting of the input attenuator(s) to be used in the high voltage test.

2.4 **Record of performance**

The record of performance shall include the following information:

- Method of reading the output which is used to obtain the data entered in the record of performance
- Static scale factor, impulse scale factor
- Rated resolution
- Range of sampling rates and/or sweep times
- Maximum record lengths
- Memory management features
- Rise-time
- Result of the interference test
- Result of the ripple test
- Value and duration of the maximum input voltage
- Warm-up time
- Result of the internal noise test

- Non-linéarité intégrale
- Non-linéarité différentielle
- Non-linéarité intégrale de la base de temps
- Incertitude sur la période d'échantillonnage
- Conditions d'utilisation
- Filtre de l'alimentation
- Transformateur d'isolement
- Protection des circuits d'entrée

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61083-1:1997

Withdrawn

- Integral non-linearity
- Differential non-linearity
- Integral non-linearity of the time base
- Sampling interval uncertainty
- Operating conditions
- Line filters
- Isolation transformers
- Input circuit protection

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61083-1:1997

WithDrawn

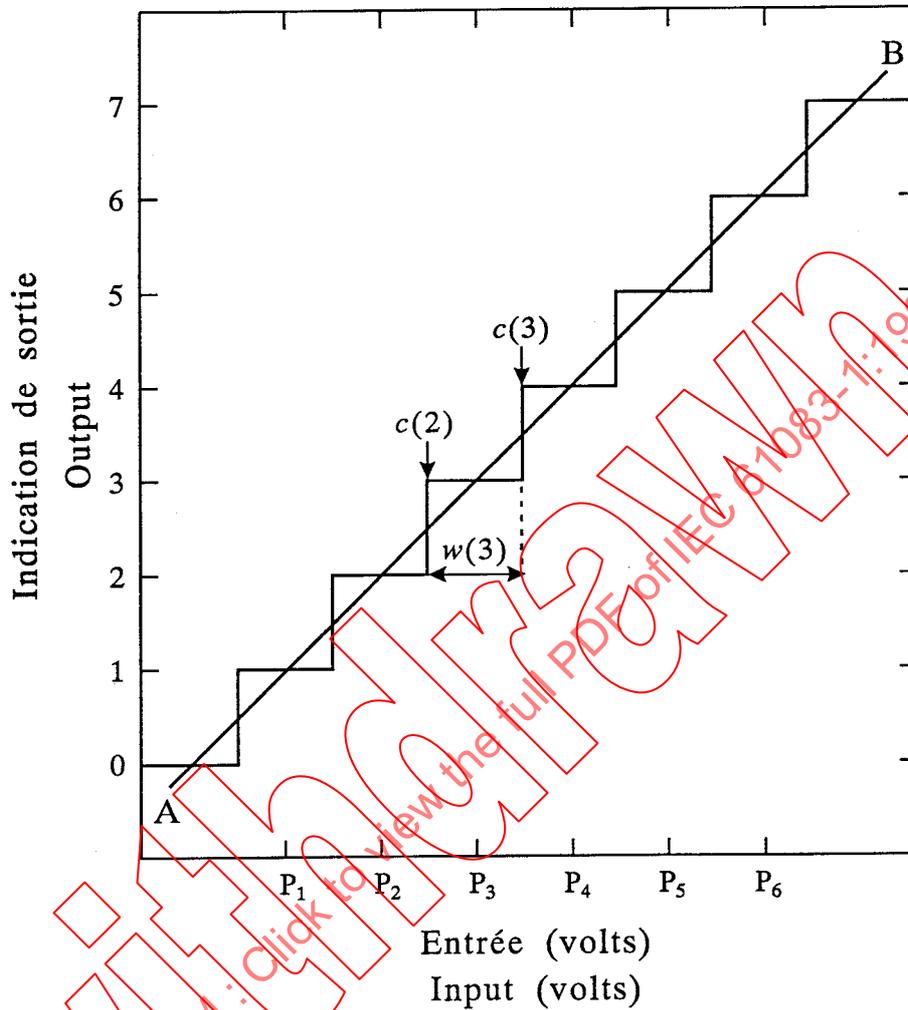


Figure 1 — Caractéristique de transfert d'un enregistreur numérique idéal à 3 bits montrant: les seuils de transition $c(2)$ et $c(3)$, un pas de quantification de l'indication de sortie $w(3) = w_0$, la valeur de tension associée à l'indication de sortie k soit $p(k)$, et la ligne droite (AB) joignant les points milieu des pas de quantification.

Quantization characteristic of an ideal 3-bit digital recorder showing code transition thresholds $c(2)$ and $c(3)$, a code bin width $w(3) = w_0$, voltage of each code $p(k)$ and the straight line joining the midpoints of the code bins (AB).

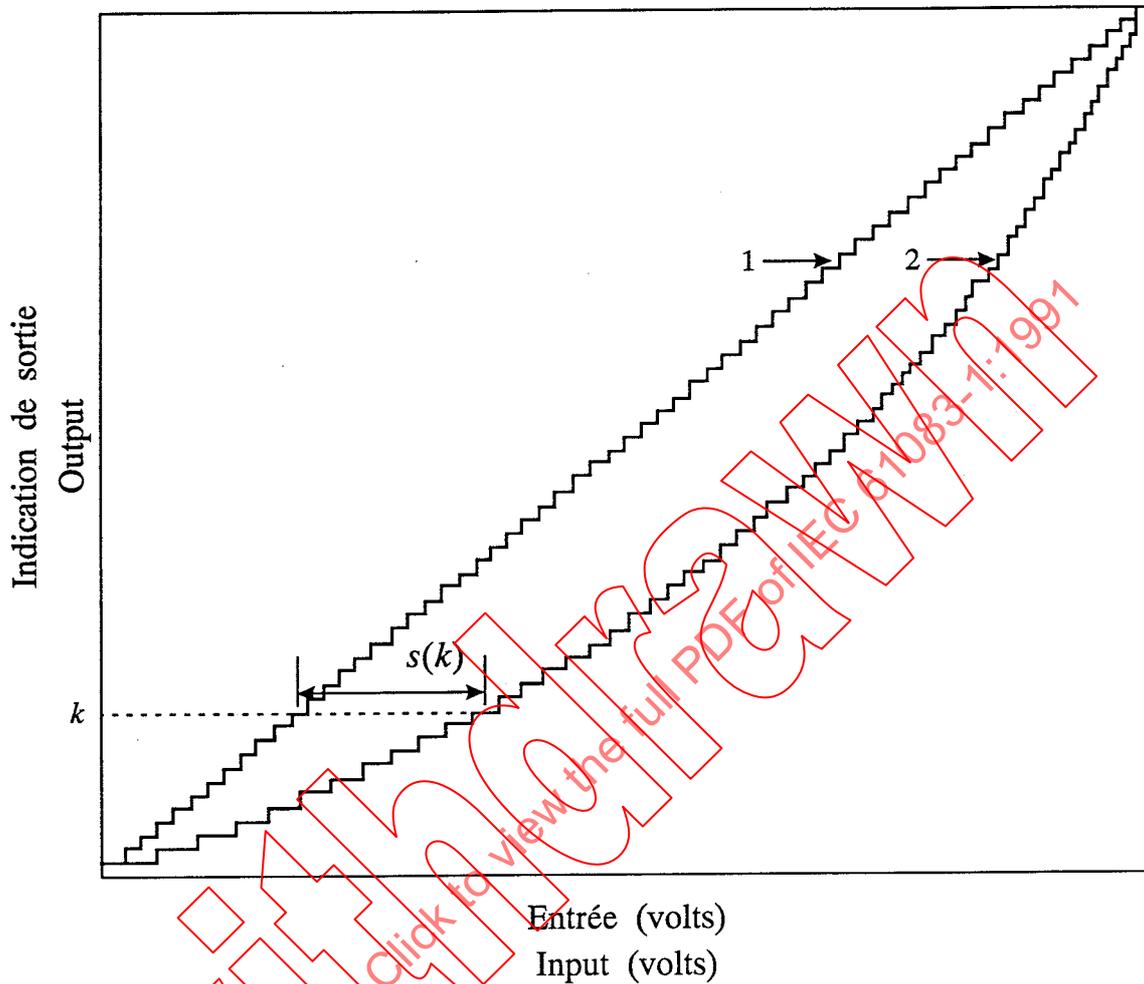


Figure 2 — Non-linéarité intégrale $s(k)$.

Courbe 1 : caractéristique de transfert d'un enregistreur numérique idéal à 6 bits.

Courbe 2 : caractéristique de transfert d'un enregistreur numérique non linéaire à 6 bits.

Cette faible résolution de 6 bits a été choisie seulement pour montrer les effets de quantification.

Integral non-linearity $s(k)$.

Curve 1: transfer characteristic of an ideal 6-bit digital recorder.

Curve 2: transfer characteristic of a non-linear 6-bit digital recorder. This low resolution of 6 bits has been chosen to clarify the illustration.

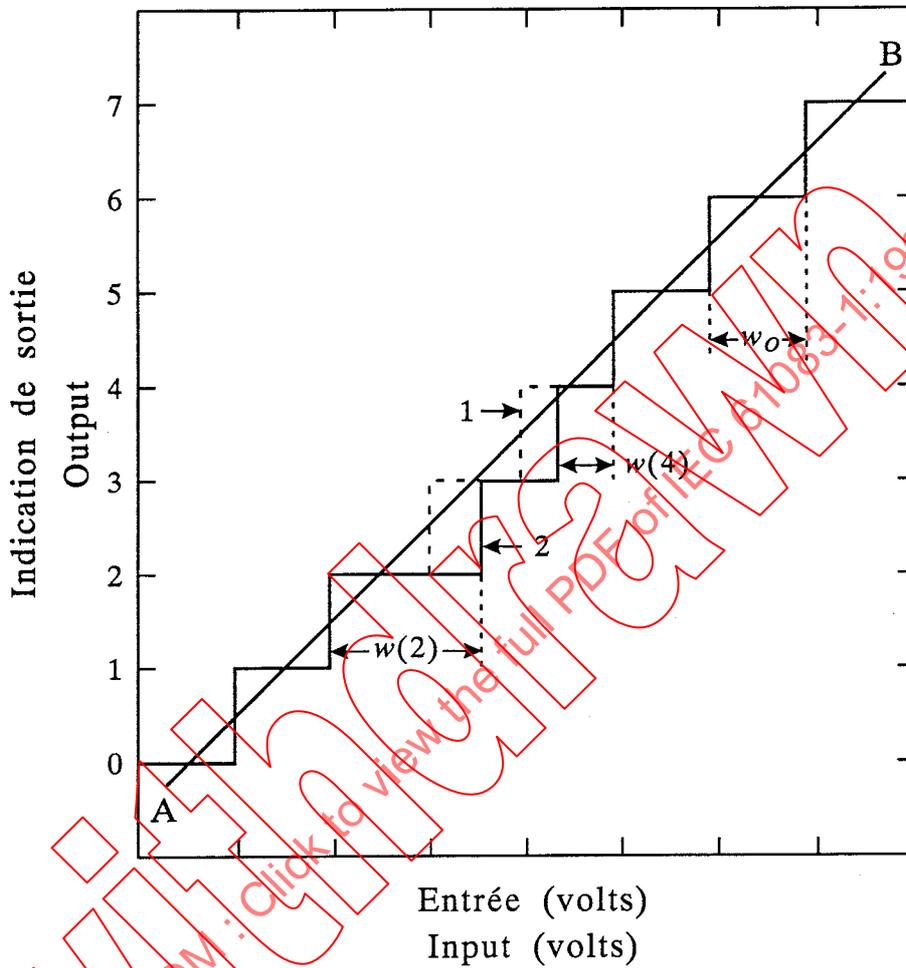


Figure 3 — Non-linéarité différentielle, $d(k)$, dans des conditions statiques.
 Courbe 1 : caractéristique de transfert d'un enregistreur numérique idéal à 3 bits.
 Courbe 2 : caractéristique de transfert d'un enregistreur numérique dont les indications de sortie 2, 3, 4 présentent une importante non linéarité différentielle.

Differential non-linearity $d(k)$ under d.c. conditions.
 Curve 1: quantization characteristics of an ideal 3-bit digitizer.
 Curve 2: quantization characteristic of a 3-bit digitizer with levels 2, 3 and 4 showing large $d(k)$.

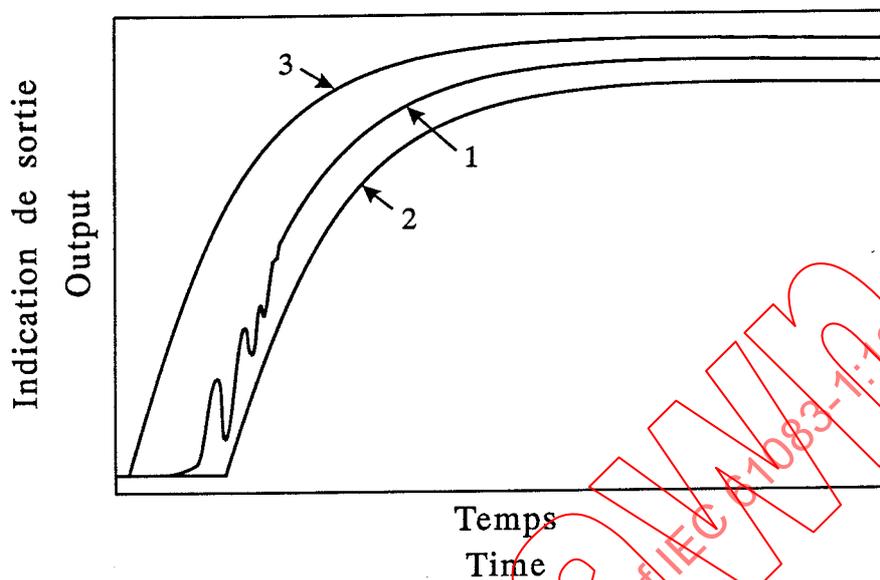


Figure 4 — Méthode de l'équivalence appliquée aux premières microsecondes d'un choc de foudre (les trois enregistrements sont décalés en temps pour clarifier la figure.)

The equivalent oscillogram method applied to the first few microseconds of a full lightning impulse (the three records were shifted in time to clarify the figure.)

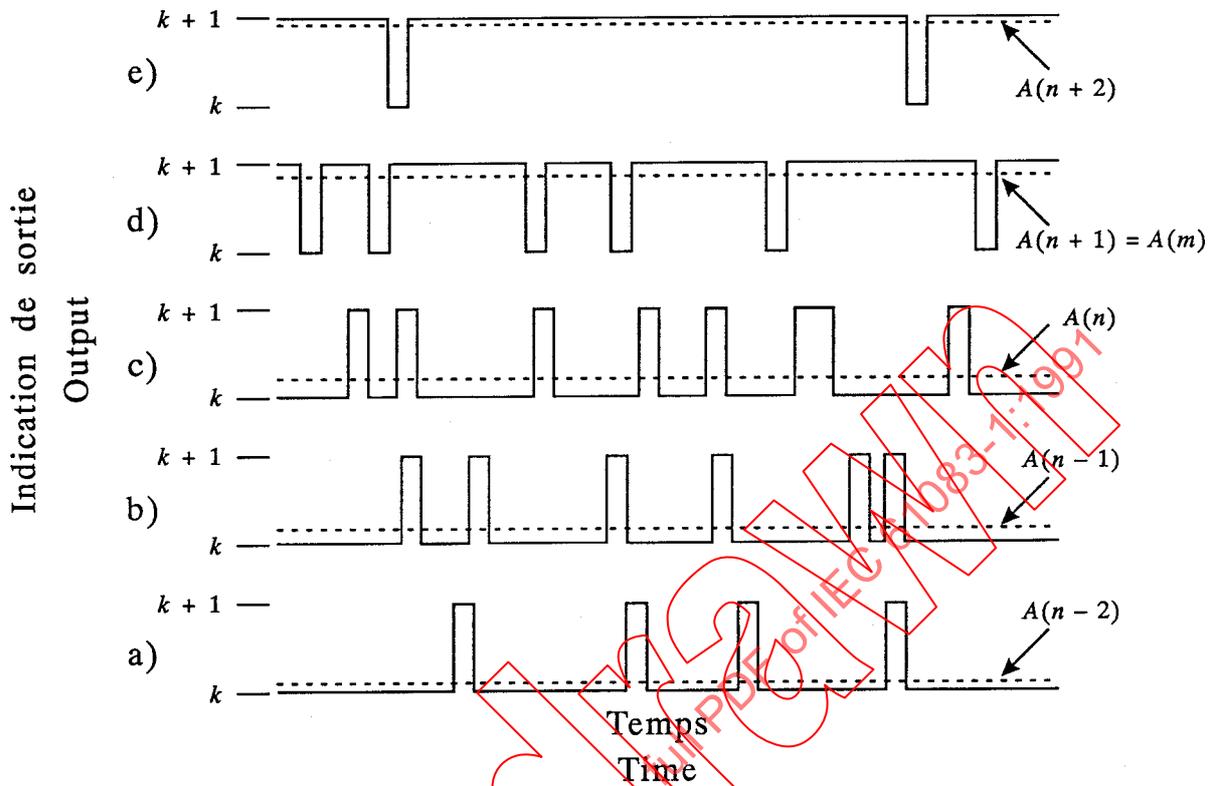


Figure 5a — Calibrage sous tension continue.

Les courbes a) à e) montrent une portion d'enregistrement de cinq tensions d'entrée continues. La valeur moyenne de chaque enregistrement est tracée en pointillé.

D.C. calibration.

Curves a) to e) show parts of the records of five successive d.c. inputs. Mean values of each record are shown by dashed lines.

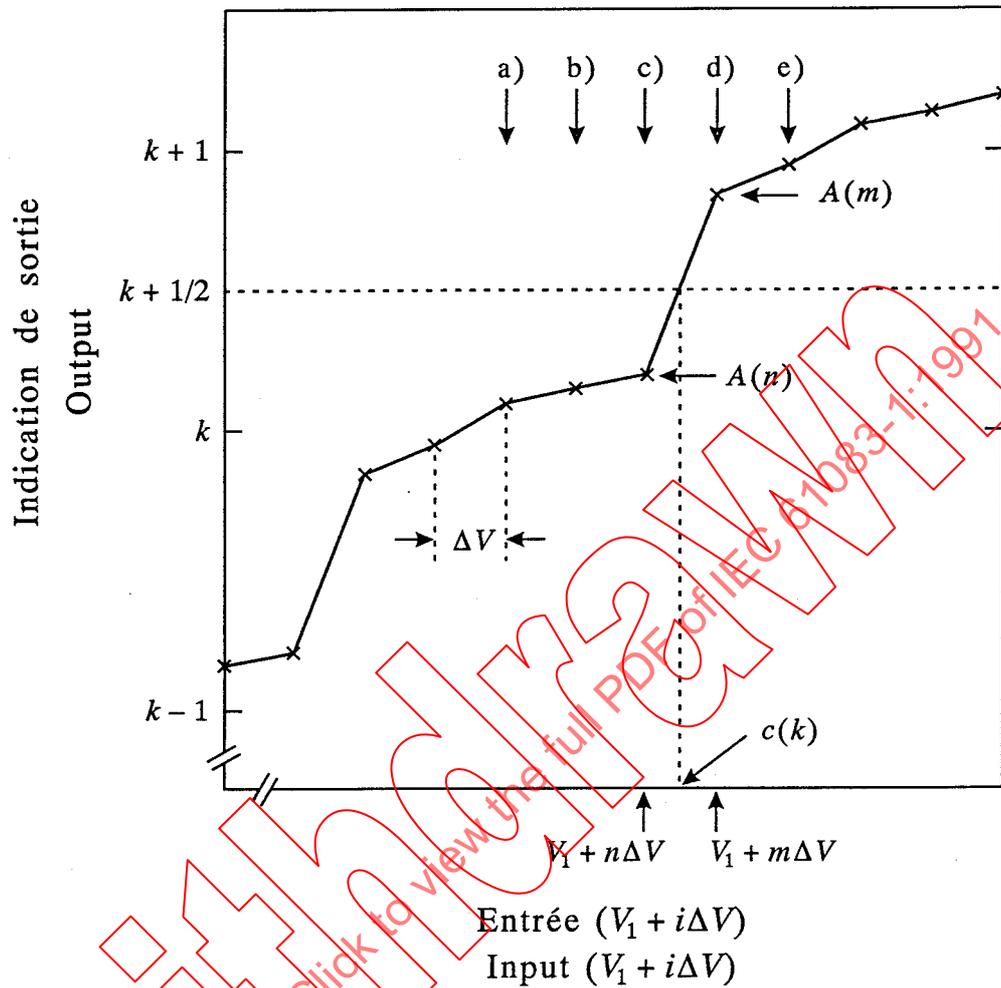


Figure 5b — Calibrage sous tension continue. Portion de la caractéristique de transfert montrant m , n , $A(m)$ et $A(n)$. Les valeurs a) à e) de la figure 5a sont montrées. Le seuil de transition $c(k)$ est à l'endroit où la droite joignant les points $(V_1 + n \Delta V, A(n))$ et $(V_1 + m \Delta V, A(m))$ coupe l'indication de sortie $(k + 1/2)$.

D.C. calibration. Part of a measured quantization characteristic identifying m , n , $A(m)$ and $A(n)$. Values a) to e) from figure 5a are shown. The code transition threshold $c(k)$ is where the line joining $(V_1 + n \Delta V, A(n))$ and $(V_1 + m \Delta V, A(m))$ intersects the $(k+1/2)$ level.

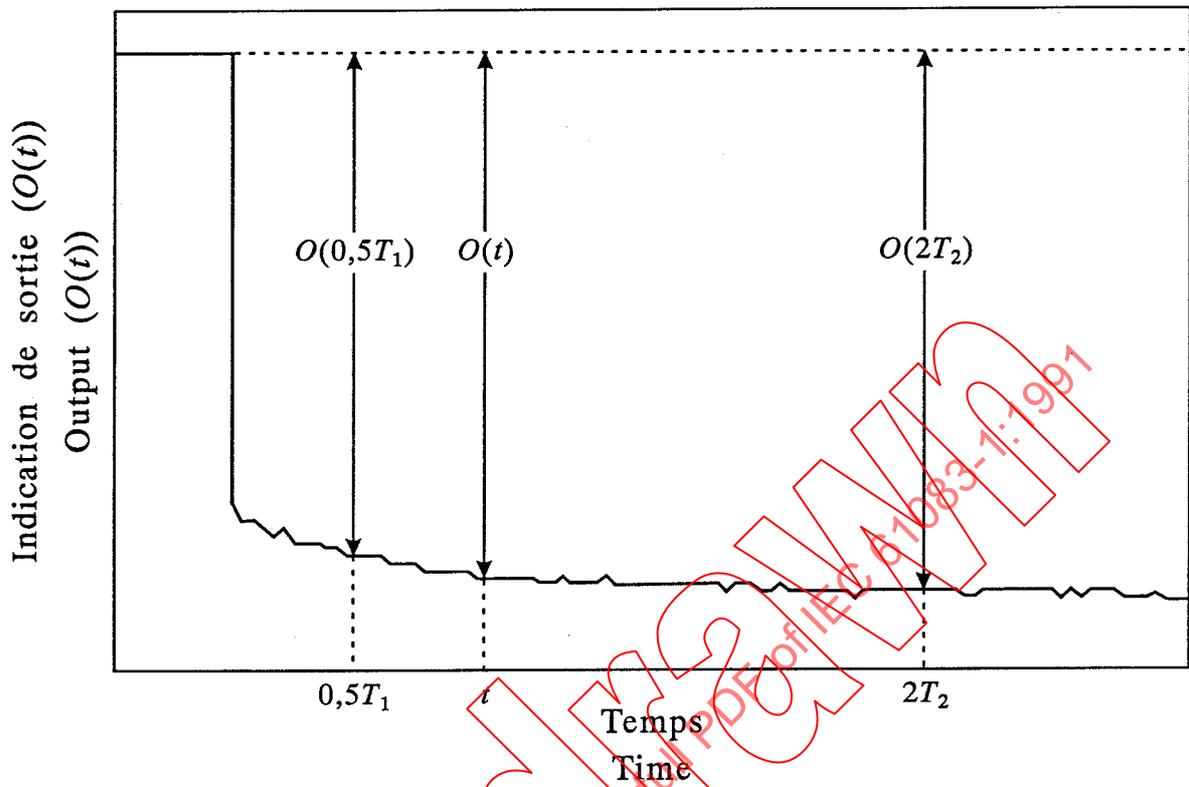


Figure 6 — Réponse à l'échelon d'un enregistreur numérique montrant la variation du coefficient de conversion dynamique. Les indications de sortie $O(0,5T_1)$, $O(t)$, et $O(2T_2)$ correspondent respectivement aux temps $0,5T_1$, t , $2T_2$. O_s est la valeur moyenne de $O(t)$ sur l'intervalle $[0,5T_1, 2T_2]$.

Step response of an impulse digitizer illustrating the variation of the impulse scale factor. Outputs $O(0,5T_1)$, $O(t)$ and $O(2T_2)$ correspond to times $0,5T_1$, t and $2T_2$ respectively. O_s is the mean value of $O(t)$ over the interval $[0,5T_1, 2T_2]$.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61083-1:1997
Withdrawn

Annexe A (informative) Perturbations électriques

A.1 Généralités

Le blindage d'un enregistreur numérique d'usage général peut ne pas être adapté à son utilisation dans un laboratoire haute tension. Les perturbations électriques peuvent être induites par un champ électromagnétique transitoire ou conduites par les fils de mesure ou d'alimentation.

Les perturbations peuvent atteindre des niveaux élevés, particulièrement dans le cas de chocs coupés. Les précautions suivantes devraient réduire l'influence de ces perturbations.

A.2 Précautions d'utilisation

A.2.1 *Blindage électromagnétique*

Les perturbations dues aux champs électromagnétiques pénétrant directement dans l'enregistreur numérique peuvent être réduites en plaçant l'enregistreur numérique entier dans une cage de Faraday qui a une atténuation suffisante dans la gamme de fréquence des perturbations. Une telle cage de Faraday est constituée de parois métalliques reliées électriquement par des joints métalliques fixes ou mobiles. Cette cage peut être une salle de commande blindée ou un blindage individuel de l'enregistreur numérique. Le blindage individuel de l'enregistreur numérique peut comprendre deux parties : la première, très efficace, entourant complètement l'enregistreur, qui est nécessaire pour l'enregistrement en temps réel de l'impulsion, et la seconde, ouverte pour accéder au calculateur, à la table traçante et à l'imprimante, ces derniers matériels étant utilisés après l'application du choc haute tension.

A.2.2 *Réduction des perturbations électriques conduites par l'alimentation*

Les perturbations électriques conduites par l'alimentation peuvent être réduites en insérant un filtre (atténuation dans la gamme de quelques dizaines de kHz à quelques dizaines de MHz). Un transformateur d'isolement avec faible capacité interenroulements peut être utilisé pour relier l'enregistreur numérique au réseau d'alimentation.

A.2.3 *Réduction des perturbations sur le câble de mesure*

Les perturbations dues au courant circulant dans l'écran du câble de mesure peuvent être réduites par une mise à la terre appropriée du côté du diviseur, par l'utilisation de câble triaxial dont l'écran extérieur est relié à la terre aux deux extrémités (entrée et enregistreur numérique), et/ou par protection du câble par un conduit métallique relié à la terre à ses deux extrémités. Les écrans internes et externes devraient être reliés ensemble à l'extrémité du côté de l'entrée. Les perturbations peuvent aussi être réduites en évitant les boucles entre le câble de mesure et le circuit de terre.

Les perturbations dues aux différences de potentiel induites ou appliquées entre les extrémités du câble de mesure peuvent être réduites en utilisant une tension d'entrée aussi élevée que possible, c'est-à-dire en utilisant l'enregistreur numérique sur sa gamme d'entrée maximale ou en insérant un atténuateur externe entre le câble et l'entrée de l'enregistreur numérique.