

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
476**

Deuxième édition  
Second edition  
1993-07

---

---

**Instrumentation nucléaire –**

**Appareils et systèmes électriques de mesure  
utilisant des rayonnements ionisants –  
Aspects généraux**

**Nuclear instrumentation –**

**Electrical measuring systems and instruments  
utilizing ionizing radiation sources –  
General aspects**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 476: 1993

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

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

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

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

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

## Terminology, graphical and letter symbols

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

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

\* See web site address on title page.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
476

Deuxième édition  
Second edition  
1993-07

---

---

**Instrumentation nucléaire –**

**Appareils et systèmes électriques de mesure  
utilisant des rayonnements ionisants –  
Aspects généraux**

**Nuclear instrumentation –**

**Electrical measuring systems and instruments  
utilizing ionizing radiation sources –  
General aspects**

© CEI 1993 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

S

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
Articles	
1 Domaine d'application .....	6
2 Références normatives .....	6
3 Définitions .....	8
3.1 Définitions relatives au système de mesure .....	8
3.2 Définitions relatives aux éléments ou aux grandeurs externes au système de mesure .....	20
4 Prescriptions .....	22
4.1 Prescriptions générales .....	22
4.1.1 Description du système de mesure .....	22
4.1.2 Considérations de sécurité .....	22
4.1.3 Considérations de mesure .....	22
4.2 Prescriptions spécifiques .....	22
4.2.1 Caractéristiques internes .....	24
4.2.2 Caractéristiques externes .....	26
5 Echantillonnage .....	28
6 Méthodes d'essai .....	30
7 Classification et désignation .....	32
8 Marquage, étiquetage, emballage .....	32
Figures .....	34
Annexe A – Bibliographie .....	40

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
Clause	
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Definitions .....	9
3.1 Definitions relating to the measuring system .....	9
3.2 Definitions relating to items or quantities external to the measuring system .....	21
4 Requirements .....	23
4.1 General requirements .....	23
4.1.1 Description of measurement system .....	23
4.1.2 Safety considerations .....	23
4.1.3 Measurement considerations .....	23
4.2 Specific requirements .....	23
4.2.1 Internal characteristics .....	25
4.2.2 External characteristics .....	27
5 Sampling .....	29
6 Test methods .....	31
7 Classification and designation .....	33
8 Marking, labelling, packaging .....	33
Figures .....	35
Annex A – Bibliography .....	41

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

APPAREILS ET SYSTÈMES ÉLECTRIQUES DE MESURE  
UTILISANT DES RAYONNEMENTS IONISANTS –  
ASPECTS GÉNÉRAUX

## 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 476 a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1974 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
45(BC)215	45(BC)225

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –**

**ELECTRICAL MEASURING SYSTEMS AND INSTRUMENTS**  
**UTILIZING IONIZING RADIATION SOURCES –**  
**GENERAL ASPECTS**

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

International Standard IEC 476 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1974 and constitutes a technical revision.

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

DIS	Report on voting
45(CO)215	45(CO)225

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

Annex A is for information only.

# INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

## APPAREILS ET SYSTÈMES ÉLECTRIQUES DE MESURE UTILISANT DES RAYONNEMENTS IONISANTS – ASPECTS GÉNÉRAUX

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux systèmes et instruments électriques de mesure utilisant des sources radioactives et sert de base pour le développement de nouvelles normes individuelles concernant les caractéristiques fonctionnelles et de construction de tels appareils destinés à déterminer des grandeurs physiques et/ou chimiques spécifiques des matériaux mesurés. Il est recommandé de suivre la terminologie et les regroupements logiques de sujets indiqués pour tous les documents individuels pour chaque classe d'instruments. Cette norme peut également servir de guide pour la rédaction de contrats entre constructeurs et utilisateurs de systèmes réalisés sur mesure.

Les aspects relatifs à la sécurité ne sont pas inclus dans cette norme. Ils sont couverts par d'autres normes CEI et ISO. Les réglementations locales et nationales doivent également être respectées.

### 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 Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(391): 1975, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants*

CEI 50(392): 1976, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 392: Instrumentation nucléaire – Complément au chapitre 391*

CEI 359: 1987, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques*

CEI 405: 1972, *Appareils nucléaires: Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants*

CEI 692: 1980, *Densimètres à rayonnements ionisants. Définitions et méthodes d'essai*

CEI 769: 1983, *Systèmes de mesure par rayonnement ionisant avec traitement analogique ou numérique du signal, pour les mesures d'épaisseur*

CEI 982: 1989, *Systèmes de mesure de niveau utilisant les rayonnements ionisants avec signal de sortie continu ou en mode tout-ou-rien*

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –**  
**ELECTRICAL MEASURING SYSTEMS AND INSTRUMENTS**  
**UTILIZING IONIZING RADIATION SOURCES –**  
**GENERAL ASPECTS**

## 1 Scope

This International Standard applies to electrical measuring systems and instruments utilizing radioactive sources and provides a basis for the development of individual new standards concerning the performance and constructional characteristics of such apparatuses which are designed to determine specific physical and/or chemical quantities of measured materials. Terminology and logical groupings of items are provided which should be common to all of the individual documents prepared for each class of instruments. This standard may also serve as a guide for the writing of contracts between manufacturers and users for custom-designed systems.

Safety aspects are not included in this standard. They are covered in other IEC and ISO standards. National regulations and local requirements pertaining to the use of radioactive materials should also be adhered to.

## 2 Normative references

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

IEC 50(391): 1975, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 391: Detection and measurement of ionizing radiation by electric means*

IEC 50(392): 1976, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 392: Nuclear instrumentation – Supplement to chapter 391*

IEC 359: 1987, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment*

IEC 405: 1972, *Nuclear instruments: Constructional requirements to afford personal protection against ionizing radiation*

IEC 692: 1980, *Density meters utilizing ionizing radiation – Definitions and test methods*

IEC 769: 1983, *Ionizing radiation measurement systems with analogue or digital signal processing for thickness measurements*

IEC 982: 1989, *Level measuring systems utilizing ionizing radiation with continuous or switching output*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale et des Normes internationales spécifiques apparentées, les définitions suivantes s'appliquent. Ce sont des termes qui sont uniques ou qui ont une signification particulière dans le contexte des systèmes et instruments électriques de mesure utilisant des sources radioactives. Ils sont subdivisés selon le fait qu'ils concernent généralement le système de mesure ou bien les autres grandeurs et quantités externes au système de mesure. Les autres termes peuvent être trouvés dans le Vocabulaire Electrotechnique International [VEI].

#### 3.1 Définitions relatives au système de mesure

**3.1.1 jauge d'épaisseur (rayonnement ionisant):** Assemblage de mesure comprenant une source de rayonnement ionisant et destiné à effectuer des mesures non destructives de l'épaisseur d'un matériau à l'aide de rayonnements ionisants. [VEI 392-04-01, modifié]

**3.1.2 densimètre (rayonnement ionisant):** Assemblage de mesure comprenant une source de rayonnement ionisant et destiné à déterminer la densité moyenne d'un matériau homogène ou d'un mélange hétérogène, à l'intérieur d'une configuration donnée, à l'aide de la variation de l'atténuation ou de la rétrodiffusion du rayonnement ionisant.

**3.1.3 jauge de niveau (rayonnement ionisant):** Assemblage de mesure comprenant une source de rayonnement ionisant et destiné à effectuer des mesures sans contact du niveau d'un matériau dans une configuration donnée.

**3.1.4 système de mesure par transmission:** Système de jauge d'épaisseur utilisant le rayonnement ionisant transmis à travers le produit devant être mesuré. La source et le détecteur sont positionnés en vis-à-vis et des deux côtés du matériau à mesurer. Le système peut inclure des capteurs de compensation pour mesurer et corriger les effets de grandeurs d'influence indésirables.

**3.1.5 système de mesure par rétrodiffusion:** Système de jauge d'épaisseur utilisant le rayonnement ionisant rétrodiffusé par le matériau à mesurer ainsi que par toute matière de support adjacente au matériau à mesurer. La source et le détecteur sont positionnés du même côté que le matériau à mesurer. Le système peut inclure des capteurs de compensation pour mesurer et corriger les effets de grandeurs d'influence indésirables.

**3.1.6 système de mesure par le rayonnement de fluorescence X:** Système de jauge d'épaisseur utilisant le rayonnement de fluorescence X provoqué dans le matériau à mesurer ou dans le matériau support adjacent au matériau à mesurer. [VEI 392-04-04, modifié] Le système peut inclure des capteurs de compensation pour mesurer et corriger les effets de grandeurs d'influence indésirables.

**3.1.7 tête de mesure; assemblage de mesure:** Sous-ensemble comprenant une ou plusieurs sources de rayonnement ainsi que des détecteurs de rayonnements en même temps que des capteurs de compensation ou des dispositifs pouvant être utilisés pour mesurer et corriger les effets de grandeurs d'influence indésirables.

NOTE - La tête de mesure peut être constituée de sous-ensembles boîtier source et boîtier détecteur séparés, et peut comprendre des composants électroniques pour le traitement du signal.

**3.1.8 porte-source; assemblage de source:** Partie de la tête de mesure qui inclut la source radioactive scellée, son boîtier et blindage primaire, et tout mécanisme obturateur.

### 3 Definitions

For the purpose of this general International Standard and other related specific International Standards, the following definitions apply. These are terms which are unique or have special meaning in the context of electrical measuring systems and instruments utilizing radioactive sources. They are subdivided according to whether they are generally related to the measuring system or to other items or quantities which are external to the measuring system. Other terms and definitions can be found in the International Electrotechnical Vocabulary [IEV].

#### 3.1 *Definitions relating to the measuring system*

**3.1.1 thickness gauge (ionizing radiation):** Measuring assembly having an ionizing radiation source and designed to measure non-destructively the thickness or weight per unit area of a material by means of ionizing radiation. [IEV 392-04-01, modified]

**3.1.2 density gauge (ionizing radiation):** Measuring assembly having an ionizing radiation source and designed to determine the average density of a homogeneous material or a heterogeneous mixture, within a defined configuration, using the variation of the attenuation or back-scatter of the ionizing radiation.

**3.1.3 level gauge (ionizing radiation):** Measuring assembly that includes an ionizing radiation source and is designed to measure levels of materials within a defined configuration by non-contacting means.

**3.1.4 transmission measurement system:** Gauging system that utilizes the ionizing radiation transmitted through the material being measured. The source and detector are positioned on opposite sides of the measured material. The system may include compensation sensors to measure and correct the effects of undesirable influence quantities.

**3.1.5 back-scatter measurement system:** Gauging system that utilizes the ionizing radiation back-scattered by the material being measured and any backing material adjacent to the material being measured. The source and detector are positioned on the same side of the material being measured. The system may include compensation sensors to measure and correct the effects of undesirable influence quantities.

**3.1.6 X-ray fluorescence measurement system:** Gauging system that utilizes the X-ray fluorescence excited in the material to be measured or in the backing material which may be adjacent to the material being measured. [IEV 392-04-04, modified] The system may include compensation sensors to measure and correct the effects of undesirable influence quantities.

**3.1.7 measuring head; measuring assembly:** Sub-assembly comprising one or more radiation sources and radiation detectors along with any compensation sensors or devices that can be used to measure and correct the effects of undesirable influence quantities.

NOTE - The measuring head may consist of separate source housing and detector housing sub-assemblies, and it may include electronic devices for signal processing.

**3.1.8 source housing; source assembly:** That portion of the measuring head which includes the sealed radioactive source, its holder and primary shielding, and any shutter mechanism.

**3.1.9 boîtier détecteur; assemblage détecteur:** Partie de la tête de mesure qui inclut le détecteur de rayonnement. Cet assemblage peut être incorporé dans le porte-source, spécialement dans le cas d'un système de mesure à rétrodiffusion.

**3.1.10 source scellée:** Source de matières radioactives conçue de telle façon que la substance radioactive ne peut pas entrer en contact avec le milieu ambiant. Les matières radioactives sont soit solidement incorporées dans des matériaux solides et inactifs, soit scellées dans des capsules de résistance suffisante pour prévenir toute contamination ou dispersion des substances radioactives sous des conditions normales d'emploi [CEI 405].

**3.1.11 sous-ensemble électronique de mesure; unité de traitement:** Sous-ensemble qui fournit la puissance nécessaire, traite les signaux issus de la tête de mesure, et délivre des signaux de sortie.

**3.1.12 point de contrôle:** Point dans le système de mesure où les signaux électriques peuvent être contrôlés.

**3.1.12.1 point de contrôle A:** Point dans le système de mesure où le signal de sortie du détecteur peut être contrôlé dans sa forme brute originale.

NOTE - Pour une chambre d'ionisation en intégration, le point de contrôle A se trouvera généralement après le préamplificateur et avant toute conversion sous forme digitale.

**3.1.12.2 point de contrôle B:** Point dans le système de mesure où les signaux de régulation peuvent être contrôlés. Ce point n'existe pas dans un système sans sorties pour régulation.

**3.1.12.3 point de contrôle C:** Point dans le système de mesure où l'affichage normal de la mesure est réalisé.

**3.1.13 mécanisme de support de la tête de mesure:** Assemblage mécanique sur lequel la tête de mesure est fixée.

**3.1.13.1 mécanisme fixe:** Mécanisme de support de la tête de mesure restant en position fixe.

**3.1.13.2 mécanisme rétractable:** Mécanisme de support de la tête de mesure pouvant la retirer de sa position de mesure.

**3.1.13.3 mécanisme de translation:** Mécanisme de support de la tête de mesure permettant à cette dernière d'être déplacée transversalement ou longitudinalement sur le matériau à mesurer.

**3.1.14 entrefer de mesure:** Pour une jauge à transmission, intervalle entre faces opposées de l'ensemble porte-source et de l'ensemble détecteur, dans lequel est situé le matériau à mesurer. Pour une jauge à rétrodiffusion, intervalle entre la face la plus proche de l'ensemble porte-source ou de l'ensemble détecteur et la surface la plus en arrière du matériau à mesurer ou la surface de matériau de support.

**3.1.15 ligne de passe:** Position du matériau à mesurer dans l'espace de mesure.

**3.1.9 detector housing; detector assembly:** That portion of the measuring head which includes the radiation detector. This assembly may be incorporated with the source housing, especially in the case of a back-scatter measurement system.

**3.1.10 sealed source:** Source of radioactive materials designed in such a way that the radioactive substance cannot enter into immediate contact with the source surroundings. The radioactive materials are either firmly incorporated in solid and inactive materials, or sealed in capsules of strength sufficient to prevent any contamination or dispersion of radioactive substances under normal conditions of use [IEC 405].

**3.1.11 electronic measuring sub-assembly; processing unit:** Sub-assembly which supplies the necessary power, processes the signals delivered by the measuring head, and delivers the output signals.

**3.1.12 test point:** Point in the measurement system where electrical signals may be monitored.

**3.1.12.1 test point A:** The point in the measurement system where the detector output signal may be monitored in its original basic form.

NOTE - For an integrating ionization chamber this would typically be after the preamplifier and before any conversion to digital form.

**3.1.12.2 test point B:** The point in the measurement system at which control signals may be monitored. This point does not exist in systems which have no control output.

**3.1.12.3 test point C:** The point in the measurement system at which normal measurement display read-outs occur.

**3.1.13 measuring head supporting mechanism:** Mechanical assembly to which the measuring head is mounted.

**3.1.13.1 fixed mechanism:** Measuring head supporting mechanism that does not move.

**3.1.13.2 retractable mechanism:** Measuring head supporting mechanism that is able to be withdrawn from the measurement position.

**3.1.13.3 traversing mechanism:** Measuring head supporting mechanism which allows the measuring head to be traversed across or along the full distance of the material being measured.

**3.1.14 measuring gap:** For a transmission gauge, the distance between opposing faces of the source housing assembly and the detector housing assembly between which the material being measured is located. For a backscatter gauge, the distance from the nearest face of the source housing assembly or the detector housing assembly to the rearmost surface of the material being measured or to the surface of its backing material.

**3.1.15 pass line:** Position of the material to be measured in the measuring gap.

**3.1.16 ligne de passe de référence:** Ligne de passe à l'intérieur de l'espace de mesure correspondant à la position du matériau pour lequel l'étalonnage est normalement effectué. Elle est généralement définie à une distance particulière, soit par rapport à la surface du porte-source, soit par rapport à la surface du détecteur.

**3.1.17 aire de mesure:** Surface d'un matériau à mesurer donné, situé à la ligne de passe de référence, avec laquelle le faisceau du rayonnement de mesure interagit.

**3.1.17.1 aire totale de mesure:** Surface minimale d'un matériau à mesurer donné, situé à la ligne de passe de référence, qui contribue à 100 % au signal de sortie.

**3.1.17.2 aire effective de mesure:** Surface d'un matériau à mesurer donné, situé à la ligne de passe de référence, qui fournit une corrélation optimale entre le signal de sortie et la variable à mesurer. Cette surface représente généralement de 65 % à 95 % de l'aire totale de mesure.

NOTE - Ce concept est particulièrement important quand la masse du matériau mesuré n'est pas homogène dans la surface de mesure (par exemple fibres, granulés, etc).

**3.1.18 résolution:** La plus petite modification de la grandeur à mesurer susceptible d'être observée ou détectée. La nature statistique du signal et l'influence de toutes les techniques d'échantillonnage utilisées doivent être bien prises en considération. Les données échantillonnées doivent être normalisées pour tenir compte du filtrage du signal et du temps de mesure des données.

**3.1.19 longueur de résolution géométrique du système:** Longueur minimale dans une direction spécifiée d'un échantillon normalisé possédant une masse déterminée par unité de surface, susceptible d'être mesurée avec une précision donnée. Dans le cas de mesure d'épaisseur pour des systèmes de mesure par balayage, la longueur de résolution géométrique est fonction de l'aire de mesure réelle, du temps d'établissement de l'appareillage, de la vitesse de balayage de la tête de mesure, et du temps d'échantillonnage des données accumulées.

**3.1.20 instabilité électrique:** Variation du signal de sortie dans des conditions de référence, alors que toutes les grandeurs d'influence sont maintenues constantes et que le détecteur n'est pas irradié.

**3.1.21 instabilité radiométrique:** Variation du signal de sortie due uniquement à la nature aléatoire de l'émission de radiations de la source et de sa détection. Elle est définie comme étant  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) de la valeur moyenne du signal de sortie, à l'exclusion de toute dérive, alors que le détecteur est en situation d'irradiation.

**3.1.22 instabilité radiométrique totale:** Variation du signal moyen de sortie dans des conditions de référence, alors que toutes les grandeurs d'influence sont maintenues constantes et que le détecteur est en situation d'irradiation. Ceci prend en compte toutes les influences intrinsèques, excepté la dérive due à la décroissance radioactive de la source.

**3.1.22.1 dérive à court terme:** Instabilité radiométrique totale apparaissant sur des périodes de temps inférieures à un jour.

**3.1.22.2 dérive à long terme:** Instabilité radiométrique totale apparaissant sur des périodes de temps comprises entre un jour et un an.

**3.1.16 reference pass line:** Pass line in the measuring gap corresponding to the position of the material at which calibration is normally made. It is usually defined at a specific distance from either the surface of the source housing or the surface of the detector housing.

**3.1.17 measurement area:** Cross-sectional area of a given measured material located at the reference pass line with which the radiation measuring beam is interacting.

**3.1.17.1 total measurement area:** Minimum area of a given measured material located at the reference pass line which contributes 100 % of the output signal.

**3.1.17.2 effective measurement area:** Area of a given measured material located at the reference pass line which provides the optimum correlation between the output signal and the sheet variable being measured. Typically this area will be in the range of 65 % to 95 % of the total measurement area.

NOTE - This concept is especially important when the mass of the measured material is not homogeneous within the measurement area (e.g. streaks, lumps, etc.).

**3.1.18 resolution:** Smallest change of the quantity being measured that can be observed or detected. Due regard should be given to the statistical nature of the signal and the influence of any sampling techniques being used. Sampled data should be normalized for the effects of signal filtering and data measurement time.

**3.1.19 system geometrical resolution length:** Minimum length in a specified direction of a standard sample having a determined mass per unit area which can be measured with a given factor of error. For example, in the case of thickness measurements for scanning measurement systems, the geometrical resolution length is a function of the effective measuring area, the settling time of the instrument, the scanning speed of the measuring head, and of the accumulated data sampling time.

**3.1.20 electrical instability:** Variation of the output signal under reference conditions, while all influence quantities are held constant and the radiation detector is not irradiated.

**3.1.21 radiometric instability:** Variation of the output signal due solely to the random nature of radiation emission from the source and its detection. It is defined as  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) of the mean value of the output signal, excluding all drifts, while the detector is in an irradiated condition.

**3.1.22 overall radiometric instability:** Variation in the mean of the output signal under reference conditions, while influence quantities are held constant and the detector is in an irradiated condition. This takes into account all intrinsic influences except the drift due to source activity decay.

**3.1.22.1 short-term drift:** Overall radiometric instability occurring in periods of less than one day.

**3.1.22.2 long-term drift:** Overall radiometric instability occurring in periods of one day up to one year.

**3.1.22.3 instabilité de décroissance de source:** Erreurs dues à la décroissance de l'activité de la source et à toute électronique de compensation associée.

**3.1.23 réponse temporelle:** Sortie exprimée en fonction du temps, résultant de l'application d'un signal d'entrée sous des conditions spécifiées. Des paramètres typiques définis en sont le «temps de réponse», et le «temps d'établissement» comme indiqué dans la figure 1.

Dans les systèmes numériques, le signal de sortie est composé de valeurs discrètes. La réponse à une modification dans la variable mesurée apparaît sous la forme d'échelons de sortie discrets à partir d'une valeur initiale jusqu'à une valeur finale. La figure 2 illustre un exemple typique. Les paramètres «temps de montée» et «temps moyen de réponse» ne peuvent pas être définis de façon générale, parce que le point de départ de la variation échelon n'est pas défini. Le seul paramètre utile est le «temps moyen d'établissement» exprimé en termes d'intervalles de temps discrets, dépendant du temps d'échantillonnage, du taux d'échantillonnage, et du temps d'intégration du système (voir figure 2).

**3.1.24 temps de réponse moyen (signaux analogiques):** Temps moyen après une variation échelon de la grandeur à mesurer jusqu'à ce que le signal de sortie atteigne un pourcentage spécifié de sa valeur moyenne finale, pour la première fois (la nature statistique du signal doit être prise en considération). Normalement le pourcentage spécifié sera 63,2 %, ce qui correspond à une constante de temps. L'amplitude de dépassement transitoire éventuel doit être indiqué.

**3.1.25 temps d'établissement moyen (signaux analogiques):** Temps minimal nécessaire pour qu'après une variation échelon spécifiée de la grandeur à mesurer la moyenne du signal de sortie atteigne et reste dans la bande de bruit  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) autour de sa valeur moyenne finale.

**3.1.26 temps de restitution (signaux analogiques):** Temps nécessaire pour que le signal de sortie atteigne et conserve une nouvelle valeur stable dans la bande de bruit  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) après, quand la condition de mesure subit une variation échelon correspondant au passage de l'état d'absence de matériau dans l'entrefer de mesure à un nouvel état de présence de matériau d'une valeur spécifiée comprise dans l'étendue de mesure.

**3.1.27 temps d'échantillonnage (signaux numériques):** Intervalle de temps pendant lequel l'information de la grandeur à mesurer est collectée, pour être transformée en une valeur numérique unique.

**3.1.28 taux d'échantillonnage (signaux numériques):** Nombre de fois que la grandeur à mesurer est échantillonnée par unité de temps.

**3.1.29 temps de moyennage; temps d'intégration global (signaux numériques):** Intervalle de temps, généralement exprimé en termes de temps d'échantillonnage, pendant lequel des valeurs numériques de la grandeur à mesurer sont moyennées d'une certaine façon (par exemple moyenne linéaire ou exponentielle). Ces valeurs numériques peuvent déjà présenter des moyennes temporelles de la grandeur à mesurer.

**3.1.48 tarage:** Dispositif manuel ou automatique dans le système qui normalise la sortie de mesure sous certaines conditions induisant des erreurs; par exemple décroissance de source, poussière, dérive électronique, etc.

NOTE - Une insertion manuelle d'échantillons de vérification et un changement consécutif des paramètres de traitement sont considérés comme un recalibrage et non pas comme un tarage.

**3.1.49 dispositifs de diagnostic:** Dispositifs du système de mesure permettant à l'opérateur de déterminer la capacité du système à fonctionner de façon normale. Ces dispositifs comprennent d'habitude des algorithmes d'analyse avec valeur limite qui opère sur des sorties et entrées intermédiaires à l'intérieur du système ainsi que des moyens d'indication des conditions.

**3.1.50 dispositifs de compensation:** Dispositifs du système de mesure qui sont inclus pour réduire ou amortir les effets des quantités influence (par exemple alignement, ligne de passe, etc.). Quand de tels dispositifs sont présents, ils doivent être pris en compte pour déterminer les erreurs de mesure.

### 3.2 Définitions relatives aux éléments ou aux grandeurs externes au système de mesure

**3.2.1 masse par unité de surface; masse surfacique; densité surfacique:** Grandeur égale au produit de la densité (masse volumique) d'un matériau et de l'épaisseur de ce matériau. La masse par unité de surface peut être calculée en pratique en pesant un échantillon du matériau et en divisant ce résultat par sa surface.

**3.2.2 grandeur d'influence:** Toute grandeur, généralement externe à l'équipement, susceptible d'exercer une influence sur son fonctionnement [CEI 359, modifiée].

NOTE - Lorsque la modification d'une caractéristique fonctionnelle affecte une autre caractéristique fonctionnelle, elle est considérée comme une caractéristique d'influence.

**3.2.3 conditions de référence:** Série de valeurs assorties de tolérances ou de domaines réduits fixés pour les grandeurs d'influence, et, si nécessaire, pour les caractéristiques d'influence qui sont spécifiées pour effectuer les essais comparatifs ou les essais de calibrage [CEI 359, modifiée].

**3.2.4 effets de la colonne d'air:** Effets des variations de la masse volumique de la colonne d'air entre la source et le détecteur dus à la pression atmosphérique et aux changements de température au cours des mesures.

**3.2.5 sensibilité aux bruits extérieurs:** Erreur due à l'interférence de bruits provenant d'une source électromagnétique ou d'une source de rayonnements à haute énergie.

**3.2.6 précision (dynamique):** Degré de conformité d'une valeur indiquée à une valeur normalisée reconnue, ou valeur idéale, quand elle est mesurée sous des conditions d'environnement opératoire normale.

NOTE - Mesurée en général comme imprécision, elle est exprimée en temps que précision.

**3.1.22.3 source decay instability:** Errors due to source activity decay and any associated compensating circuitry.

**3.1.23 time response:** Output expressed as a function of time, resulting from the application of a specified input under specified operating conditions. Typical parameters defined are the "response time", and "settling time" as indicated in figure 1.

In digital systems, the output signal is composed of discrete values. The response to a change in the measured variable appears as discrete output steps from the initial value of the variable. Figure 2 illustrates a typical example. The parameters "rise time" and "mean response time" cannot be defined in a general way, because the occurrence of the step change is not well defined. The only useful parameter is the "mean settling time" expressed in terms of discrete time intervals depending upon the system sampling time, sampling rate and integration time (see figure 2).

**3.1.24 mean response time (analogue signals):** Mean time after a step variation in the measured quantity until the output signal reaches a specified percentage of its final mean value for the first time (due regard being given to the statistical nature of the signal). Normally, 63,2 % of the step change will be the specified percentage, which is defined as one time constant. The magnitude of any transient overshoot should be stated.

**3.1.25 mean settling time (analogue signals):** Minimum time required after a specified step variation in the measured quantity for the mean of the output signal to reach and remain within the  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) noise band of its final mean value.

**3.1.26 recovery time (analogue signals):** Time required for the output signal to reach and remain within the  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) noise band when the measuring condition undergoes a step change from no measured material present in the measuring gap to a specified value within the measurement range.

**3.1.27 sampling time (digital signals):** Time interval over which information for the input quantity is collected to be converted into a single digital value.

**3.1.28 sampling rate (digital signals):** Number of times the quantity to be measured is sampled per unit of time.

**3.1.29 averaging time; overall integration time (digital signals):** Time interval (normally in terms of the sampling time) over which the numerical values of the quantity to be measured are averaged in a specified manner (e.g. linear or exponential averaging). These numerical values may already represent time averages of the quantity to be measured.

**3.1.30 temps d'établissement moyen numérique:** Temps minimal nécessaire pour qu'après une variation échelon spécifiée de la grandeur à mesurer, la moyenne du signal de sortie atteigne et reste dans la bande de bruit à  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) autour de sa valeur moyenne finale. Ce temps d'établissement moyen numérique sera exprimé en fonction d'un multiple de temps d'échantillonnage.

NOTE - Il est bien entendu que la meilleure résolution de sortie ne pourra pas être inférieure à celle correspondant au bit le moins significatif (LSB).

**3.1.31 temps de restitution numérique:** Temps nécessaire pour que le signal de sortie atteigne et conserve une nouvelle valeur stable à  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) près de sa valeur finale moyenne dans la bande de bruit, quand la condition de mesure subit une variation échelon correspondant au passage de l'état d'absence de matériau dans l'entrefer de mesure à un nouvel état de présence de matériau d'une valeur spécifiée comprise dans l'étendue de mesure. Ce temps de restitution numérique sera exprimé en fonction d'un multiple de temps d'échantillonnage.

**3.1.32 courbe de calibration:** Représentation analytique, graphique ou tabulaire du signal de sortie en tant que fonction de la grandeur à mesurer.

**3.1.33 linéarité:** Degré de concordance que la courbe de calibration peut atteindre par rapport à une droite, telle que définie dans la figure 3.

NOTE - Elle est généralement mesurée comme une non-linéarité mais exprimée en tant que linéarité.

**3.1.34 domaine d'utilisation:** Domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence, quand les prescriptions concernant les erreurs de fonctionnement sont satisfaites.

**3.1.35 domaine nominal:** Domaine des valeurs de la grandeur à mesurer, à observer, à afficher ou à fournir, que le constructeur a assigné à son appareillage.

**3.1.36 domaine effectif de mesure:** Partie du domaine nominal dans laquelle les mesures peuvent être réalisées dans des limites spécifiées d'erreur.

**3.1.37 étendue de mesure:** Différence algébrique entre les valeurs maximale et minimale de la grandeur à mesurer.

**3.1.38 erreur de ligne de passe:** Erreur de mesure causée par un mouvement du matériau dans l'entrefer de mesure dans une direction perpendiculaire à la ligne de passe.

**3.1.39 erreur d'alignement de tête:** Erreur causée par un déplacement relatif des têtes d'un système de mesure par transmission. Ceci inclut aussi bien les déplacements linéaires qu'angulaires.

**3.1.39.1 erreur d'alignement en direction X:** Erreur résultant d'un déplacement linéaire des têtes à angle droit par rapport à l'axe source-détecteur dans la direction du déplacement du produit à mesurer.

**3.1.39.2 erreur d'alignement en direction Y:** Erreur résultant d'un déplacement linéaire des têtes à angle droit de l'axe source-détecteur dans la direction transversale du produit à mesurer.

**3.1.30 digital mean settling time:** Minimum time required after a specified step variation in the measured quantity for the output signal to reach and remain within the  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) noise band of its final mean value. This digital mean settling time should be expressed as a multiple of the sampling time.

NOTE - It is well understood that the best output resolution cannot be smaller than the one corresponding to the least significant bit.

**3.1.31 digital recovery time:** Time required for the output signal to reach and remain within the  $\pm 2 \sigma$  (2 sigma) noise band of its final mean value when the measuring condition undergoes a step change from no measured material present in the measuring gap to a specified value within the measuring range. The recovery time should be expressed in terms of the corresponding sampling time.

**3.1.32 calibration curve:** Analytical, graphical, or tabular representation of the system output signal as a function of the variable to be measured.

**3.1.33 linearity:** Closeness to which the actual calibration curve approximates a straight line, as defined in figure 3.

NOTE - It is usually measured as a non-linearity and expressed as a linearity.

**3.1.34 rated range of use:** Range of values for an influence quantity within which the requirements concerning operating error are satisfied.

**3.1.35 rated range:** Range of a quantity to be measured, observed, supplied, or set, which the manufacturer has assigned to the apparatus.

**3.1.36 effective range:** That part of the rated range where measurements can be made within the stated limits of error.

**3.1.37 span:** Algebraic difference between the upper and lower range-values of the measured variable.

**3.1.38 pass line error:** Measurement error which is caused by a movement of the material in the measuring gap in a direction perpendicular to the pass line.

**3.1.39 head alignment error:** Measurement error which is caused by movement of the heads of a transmission measurement system with respect to one another. Both linear and angular displacements are included.

**3.1.39.1 X-direction alignment error:** Deflection error resulting from linear displacement of the heads at right angles to the source-detector axis in the process machine direction.

**3.1.39.2 Y-direction alignment error:** Deflection error resulting from linear displacement of the heads at right angles to the source-detector axis in the process cross-machine direction.

**3.1.39.3 erreur d'alignement en direction Z:** Erreur résultant d'un déplacement linéaire des têtes le long de l'axe source-détecteur.

**3.1.40 erreur de profil d'échantillon:** Erreur intervenant lors du balayage effectué par la tête de mesure tout le long du mécanisme de déplacement avec un échantillon de référence situé à la ligne de passe de référence et mesuré dans des conditions de référence. Les effets d'irrégularités dans le mécanisme de déplacement peuvent être mémorisés dans un dispositif-mémoire du système de mesure pour être utilisés ensuite en vue de minimiser l'erreur de profil du système. L'erreur est exprimée sous la forme d'un écart par rapport à la valeur réelle de chaque échantillon de référence.

NOTE - C'est une erreur dynamique qui peut être fonction du temps de réponse du système, de la vitesse de balayage de la tête de mesure, et des températures environnantes. Une déformation du mécanisme de balayage peut être causée par la température du matériau à mesurer et par la température ambiante.

**3.1.41 effets de la composition:** Effets sur les mesures des variations de composition du matériau mesuré.

**3.1.42 erreur due au dépôt d'un matériau étranger:** Erreur de mesure provoquée par le dépôt d'un corps étranger (par exemple poussière) sur les fenêtres de la tête de mesure.

**3.1.43 limites d'erreur:** Valeurs maximales de l'erreur assignée par le constructeur à la grandeur mesurée ou fournie par un appareillage fonctionnant dans des conditions spécifiées dans les méthodes d'essai [CEI 359, modifiée].

**3.1.44 erreur intrinsèque:** Erreur déterminée sous les conditions de référence [CEI 359, modifiée].

**3.1.45 répétabilité:** Degré de concordance entre un certain nombre de mesures de la sortie, réalisées consécutivement à un moment donné pour la même valeur de l'entrée dans les mêmes conditions opératoires par le même opérateur.

NOTE - Elle est généralement mesurée comme une non-répétabilité mais exprimée en tant que répétabilité.

**3.1.46 reproductibilité:** Degré de concordance entre un certain nombre de mesures de la sortie, réalisées sur une longue période de temps pour la même valeur de l'entrée dans les mêmes conditions opératoires, mais par des opérateurs pouvant être différents. La reproductibilité s'applique également au degré de concordance entre les mesures des sorties de différentes jauges qui ont été calibrées sur les mêmes valeurs d'entrée dans les mêmes conditions opératoires.

NOTE - Elle est généralement mesurée comme une non-reproductibilité mais exprimée en tant que reproductibilité.

**3.1.47 précision (statique):** Degré de conformité d'une valeur indiquée à une valeur normalisée reconnue, ou valeur idéale, mesurée sous des conditions statiques de référence.

NOTE - Elle est généralement mesurée comme une imprécision mais exprimée en tant que précision.

**3.1.39.3 Z-direction alignment error:** Deflection error resulting from linear displacement of the heads along the source-detector axis.

**3.1.40 sample profile error:** Error resulting when scanning the measuring head over the length of the traversing mechanism with a standard sample located at the reference pass line and measured under reference conditions. The effects of irregularities in the traversing mechanism may be stored in a memory device of the measurement system and then used to minimize the sample profile error. The error is expressed as deviation from the actual value of each standard sample.

NOTE - This is a dynamic error which may be a function of the system time response, the scanning speed of the measuring head, and the environmental temperatures. Deflection of the traversing mechanism may be affected by the measured material process temperature and the environmental temperature.

**3.1.41 composition effects:** Effects of composition variations within the measured material on the measurements.

**3.1.42 foreign material build-up error:** Measurement error which is caused by the build-up of foreign material (e.g. dirt) on the measuring head windows.

**3.1.43 limits of error:** Maximum values of error assigned by the manufacturer to a measured or supplied quantity of an apparatus operating under conditions specified in the test methods [IEC 359, modified].

**3.1.44 intrinsic error:** Error determined under reference conditions [IEC 359, modified].

**3.1.45 repeatability:** Closeness of agreement among a number of measurements of the output, made consecutively at one time, for the same value of the input under the same operating conditions by the same operator.

NOTE - It is usually measured as a non-repeatability and expressed as a repeatability.

**3.1.46 reproducibility:** Closeness of agreement among a number of measurements of the output, made over an extended period of time, for the same value of input under the same operating conditions but may involve different operators. Reproducibility also applies to the closeness of agreement among measurements of the outputs of different gauges which have been calibrated for the same values of inputs under the same operating conditions.

NOTE - It is usually measured as a non-reproducibility and expressed as a reproducibility.

**3.1.47 accuracy (static):** Degree of conformity of an indicated value to a recognized standard value, or ideal value, when measured under static reference conditions.

NOTE - It is usually measured as an inaccuracy and expressed as an accuracy.

**3.1.48 standardization:** Automatic or manual feature in the system that will normalize the measurement output when measuring under certain conditions that cause errors; for example, source decay, dirt, electronic drift, etc.

NOTE - Manual insertion of check samples and subsequent change of processing parameters is considered as re-calibration, not standardization.

**3.1.49 diagnostic features:** Those features of the measurement system which enable the operator to determine the ability of the system to perform in a standard fashion. These features usually include analysis algorithms with pertinent limit values which operate on intermediate outputs and inputs within the systems, and a means of reporting the conditions.

**3.1.50 compensation features:** Those features of the measurement system which are included to reduce or undulate the effects of influence quantities (e.g. alignment, pass line, etc.). When such features are present they must be taken into account in determining measurement errors.

### 3.2 *Definitions relating to items or quantities external to the measuring system*

**3.2.1 mass per unit area; surface mass; surface density:** Quantity equal to the product of the density (mass of a unit volume) of a material and the thickness of the same material. The mass per unit area may be calculated in practice by weighing a sample of material and dividing by its surface area.

**3.2.2 influence quantity:** Any quantity, generally external to an apparatus, which may affect its performance [IEC 359, modified].

NOTE - When a change of a performance characteristic affects another performance characteristic, it is referred to as an influencing characteristic.

**3.2.3 reference conditions:** Set of values with tolerances, or restricted ranges of influence quantities, and, if necessary, of influencing characteristics, specified for making comparison and calibration tests [IEC 359, modified].

**3.2.4 air column effects:** Effects of variations in the density of the air column between the source and the detector due to atmospheric pressure and temperature changes occurring during the measurements.

**3.2.5 external noise susceptibility:** Indication error due to interference from external noise sources of an electromagnetic or high energy radiation source.

**3.2.6 accuracy (dynamic):** Degree of conformity of an indicated value to a recognized standard value, or ideal value, when measured under normal operating environmental conditions.

NOTE - It is usually measured as an inaccuracy and expressed as an accuracy.

## 4 Prescriptions

Les paragraphes suivants identifient les principales caractéristiques concernant les systèmes de mesure électriques à base de source radioactive. Il convient d'inclure également les caractéristiques additionnelles qui peuvent s'appliquer seulement à certains instruments, si nécessaire.

### 4.1 Prescriptions générales

#### 4.1.1 Description du système de mesure

Il est recommandé de décrire un système de mesure de la façon suivante:

- a) principe de mesure – transmission, rétrodiffusion, fluorescence, etc.;
- b) caractéristiques de la source et du rayonnement – type, forme, nombre, radio-isotope, activité, forme physique et chimique, etc.;
- c) niveau de complexité – nombre de capteurs, mobilité du capteur, traitement du signal, linéarisation, caractéristique, compensation, etc.;
- d) domaine d'application – usages prévus.

#### 4.1.2 Considérations de sécurité

Bien que les aspects de sécurité ne soient pas couverts dans ces documents, des conditions de sécurité aussi bien radiologiques qu'électriques doivent être référencées en indiquant les publications CEI et ISO applicables. Il est recommandé de faire référence à la nécessité de se conformer à toute réglementation locale ou nationale et aux usages en vigueur.

#### 4.1.3 Considérations de mesure

Chaque norme spécifique devra identifier les propriétés physiques et les caractéristiques du processus ou du produit pour lequel le système de mesure est prévu. Ceci inclut:

- a) grandeur mesurée – masse surfacique, épaisseur, densité, niveau, composition, homogénéité, extraits secs, dimension de particules, débit massique, pourcentage d'humidité, distance, etc.;
- b) produit mesuré – nature des matériaux à mesurer (composition, variation de composition, homogénéité, état physique, etc.);
- c) gamme de mesure du système.

### 4.2 Prescriptions spécifiques

Dans les systèmes complexes de mesure et régulation, il peut être souhaitable d'établir des prescriptions pour les essais et les spécifications fonctionnelles à divers endroits à l'intérieur du système. Par exemple, des points tests peuvent être sélectionnés à la sortie du capteur primaire de mesure et avant tout traitement de signal; à la sortie du premier module de traitement de signal; à la sortie du module de signal de régulation; et, à la sortie des diverses unités d'affichage. Chacun de ces endroits peut présenter des caractéristiques de mesure différentes dues à des temps de réponse différents et à l'utilisation d'électroniques de traitement de signal différentes et d'algorithmes différents. Il est important de connaître les caractéristiques fonctionnelles de tous ces points pour déterminer la concordance d'un système à une application donnée.

## 4 Requirements

The following subclauses identify the principal characteristics which are relevant to electrical measuring systems utilizing radioactive sources. Additional characteristics which might only apply to specific instruments should also be included as appropriate.

### 4.1 General requirements

#### 4.1.1 Description of measurement system

A description of the measurement system should include:

- a) principle of measurement – transmission, back-scatter, fluorescence, etc.;
- b) source/radiation characteristics – type, shape, number, radioisotope, activities, physical and chemical form, etc.;
- c) scope of complexity – number of sensors, sensor mobility, signal processing, characteristic linearization, compensations, etc.;
- d) field of application – intended uses.

#### 4.1.2 Safety considerations

Although safety aspects are not covered in the above-mentioned documents, both radiological and electrical safety considerations should be referenced by indicating applicable ISO and IEC publications. Reference should also be made to the need to comply with all applicable national and local regulations and codes of practice.

#### 4.1.3 Measurement considerations

Each specific standard shall identify the physical properties and characteristics of the process or material for which the measurement system is intended. This includes:

- a) measured quantity – mass/area, thickness, density, level, composition, homogeneity, solids content, particle size, mass flow rate, moisture content, distance, etc.;
- b) measured material – nature of the materials to be measured (composition, variation in composition, homogeneity, physical state, etc.);
- c) measurement range of the system.

### 4.2 Specific requirements

In complex measurement and control systems it may be desirable to establish requirements for tests and performance specifications at several locations throughout the system. For example, test points can be selected at the output of the basic measurement sensor and before any signal processing; at the output of the primary signal processing module; at the output of the process control signal module; and, at the outputs of the normal measurement display units. Each of these locations may exhibit different measurement performance characteristics as a result of possessing different response times and the utilization of different signal processing hardware and algorithms. It is important to know the performance characteristics at each of these points when determining the suitability of a system for the intended application.

#### 4.2.1 *Caractéristiques internes*

Les caractéristiques internes sont celles inhérentes au système de mesure. Il convient de développer les spécifications fonctionnelles et les méthodes d'essais pour toutes les caractéristiques internes quantifiables suivantes qui sont propres au système. Ces essais et procédures sont typiquement spécifiés sous les conditions de référence de façon à ce qu'aucune grandeur d'influence externe n'affecte les résultats.

##### 4.2.1.1 *Caractéristiques électriques et logicielles*

- a) Constante de temps.
- b) Temps de réponse moyen.
- c) Temps moyen d'établissement.
- d) Temps de restitution.
- e) Temps de déclenchement.
- f) Points de déclenchement.
- g) Taux d'échantillonnage.
- h) Temps d'échantillonnage.
- i) Temps de moyennage.
- j) Bruit électrique.
- k) Instabilité électrique à court terme.
- l) Instabilité électrique à long terme.
- m) Linéarité de mesure.
- n) Résolution digitale-analogique du convertisseur.
- o) Résolution logicielle des tableaux d'interpolation.
- p) Résolution logicielle de la plus petite unité de calcul.

##### 4.2.1.2 *Caractéristiques radiométriques*

- a) Instabilité radiométrique (bruit).
- b) Résolution limitée par l'instabilité radiométrique.
- c) Répétabilité limitée par l'instabilité radiométrique.
- d) Effet de la décroissance de l'activité de source.

##### 4.2.1.3 *Caractéristiques géométriques*

- a) Distance de la source au détecteur.
- b) Entrefer de mesure.
- c) Ligne de passe du produit mesuré.
- d) Aire totale de mesure.
- e) Aire effective de mesure.
- f) Résolution géométrique.

#### 4.2.1 *Internal characteristics*

Internal characteristics are those which are inherent to the measurement system. Performance specifications and testing methods should be developed for all of the following quantifiable internal characteristics which are appropriate for the system. These tests and procedures are typically specified under reference conditions so that no external influence quantities affect the results.

##### 4.2.1.1 *Electrical and software characteristics*

- a) Time constant.
- b) Mean response time.
- c) Mean settling time.
- d) Recovery time.
- e) Switching time.
- f) Switching points.
- g) Sampling rate.
- h) Sampling time.
- i) Averaging time.
- j) Electrical noise.
- k) Short-term electrical instability.
- l) Long-term electrical instability.
- m) Measurement linearity.
- n) Analogue-to-digital conversion resolution.
- o) Software look-up table resolution.
- p) Software bit resolution.

##### 4.2.1.2 *Radiometric characteristics*

- a) Radiometric instability (noise).
- b) Resolution limited by radiometric instability.
- c) Repeatability limited by radiometric instability.
- d) Source activity decay effects.

##### 4.2.1.3 *Geometrical characteristics*

- a) Source-to-detector distance.
- b) Measuring gap.
- c) Measured material pass line.
- d) Total measurement area.
- e) Effective measurement area.
- f) Geometrical resolution.

#### 4.2.1.4 *Caractéristiques mécaniques*

- a) Accumulation de corps étrangers (poussière).
- b) Alignement des têtes du capteur:
  - 1) variation dans l'axe des X;
  - 2) variation dans l'axe des Y;
  - 3) variation dans l'axe des Z;
  - 4) variation angulaire.
- c) Erreur de positionnement lors du profil.
- d) Erreur de profil d'échantillon.

#### 4.2.1.5 *Caractéristiques globales du système*

- a) Courbe de calibration.
- b) Linéarité à la sortie.
- c) Courbe de sensibilité.
- d) Gamme spécifiée de mesure.
- e) Gamme effective de mesure.
- f) Rapport signal/bruit.
- g) Dispositifs de calibration du système:
  - 1) correction des dérives électroniques;
  - 2) compensation de la décroissance de l'activité de source;
  - 3) compensation des corps étrangers (poussière);
  - 4) autres corrections périodiques.
- h) Répétabilité globale.
- i) Reproductibilité globale.
- j) Moyennage de rayonnement (faisceau de mesure) non linéaire.
- k) Moyennage de signal non linéaire.
- l) Précision de calibrage.
- m) Précision intrinsèque.
- n) Dispositif de diagnostic.

#### 4.2.2 *Caractéristiques externes*

Les caractéristiques externes sont celles concernant les effets de grandeurs d'influence externes sur le système de mesure. Il convient de développer les spécifications fonctionnelles et les méthodes d'essais pour chacune des caractéristiques externes quantifiables suivantes propres au système. Ces essais et procédures sont généralement spécifiés sous les conditions de référence sauf pour la grandeur d'influence concernée qui varie.

#### 4.2.1.4 *Mechanical characteristics*

- a) Foreign material (dirt) build-up.
- b) Sensor head(s) alignment:
  - 1) X-axis direction deflection;
  - 2) Y-axis direction deflection;
  - 3) Z-axis direction deflection;
  - 4) Angular deflection.
- c) Scanning position error.
- d) Scanning sample profile error.

#### 4.2.1.5 *Overall system characteristics*

- a) Calibration curve.
- b) Output linearity.
- c) Sensitivity curve.
- d) Rated measurement range.
- e) Effective measurement range.
- f) Signal-to-noise ratio.
- g) System standardization features:
  - 1) electronic drift correction;
  - 2) source activity decay compensation;
  - 3) foreign material (dirt) compensation;
  - 4) other periodic corrections.
- h) Overall repeatability.
- i) Overall reproducibility.
- j) Non-linear radiation (measuring beam) averaging.
- k) Non-linear signal averaging.
- l) Calibration precision.
- m) Intrinsic accuracy.
- n) Diagnostic features.

#### 4.2.2 *External characteristics*

External characteristics are those involving the effects of external influence quantities upon the measuring system. Performance specifications and testing methods should be developed for all of the following quantifiable external characteristics which are appropriate for the system. These tests and procedures are typically specified under reference conditions except for the influence quantity of concern which is being varied.

#### 4.2.2.1 *Caractéristiques logicielles et électriques*

- a) Alimentation secteur.
- b) Mesures externes et compensation:
  - 1) capteurs de déplacement dans les axes X, Y, Z;
  - 2) capteurs de température;
  - 3) capteurs de pression;
  - 4) capteurs d'humidité;
  - 5) capteurs de ligne de passe du processus;
  - 6) capteurs d'angle de passe du processus;
  - 7) capteurs de non-homogénéité du processus;
  - 8) capteurs de composition du processus.
- c) Détection d'erreur et algorithmes de compensation.

#### 4.2.2.2 *Caractéristiques de l'environnement*

- a) Température ambiante.
- b) Humidité ambiante.
- c) Vibration.
- d) Radiation solaire.
- e) Rayonnement ambiant (bruit de fond).
- f) Pression atmosphérique.
- g) Champs électrique et magnétique.

#### 4.2.2.3 *Caractéristiques du processus*

- a) Température du processus.
- b) Composition chimique du processus.
- c) Stabilité du processus (volatile, etc.).
- d) Non-homogénéité du processus.

#### 4.2.2.4 *Caractéristiques globales du système*

- a) Précision globale.
- b) Transférabilité de la calibration entre jauges.
- c) Reproductibilité entre systèmes.

### 5 Echantillonnage

Il est recommandé, dans cette section du document, de spécifier les conditions et méthodes d'échantillonnage ainsi que les méthodes pour préparer et préserver les échantillons utilisés dans ces méthodes d'essais. Cet élément peut être combiné avec les «méthodes d'essais» et apparaître au début de cet article.

#### 4.2.2.1 *Electrical and software characteristics*

- a) Mains supply voltage.
- b) External measurements and compensation:
  - 1) X, Y, Z-deflection sensors;
  - 2) temperature sensors;
  - 3) pressure sensors;
  - 4) moisture sensors;
  - 5) process pass line sensors;
  - 6) process pass angle sensors;
  - 7) process non-homogeneity sensors;
  - 8) process composition sensors.
- c) Error detection and compensation algorithms.

#### 4.2.2.2 *Environmental characteristics*

- a) Ambient temperature.
- b) Ambient humidity.
- c) Vibration.
- d) Solar radiation.
- e) Background radiation.
- f) Barometric pressure.
- g) Electric and magnetic fields.

#### 4.2.2.3 *Process characteristics*

- a) Process temperature.
- b) Process chemical composition.
- c) Process stability (volatiles, etc.).
- d) Process non-homogeneity.

#### 4.2.2.4 *Overall system characteristics*

- a) Overall accuracy.
- b) Calibration transferability between gauges.
- c) Reproducibility between systems.

## 5 **Sampling**

This section of the document should specify the conditions and methods of sampling, as well as the methods for preparation and preservation of the samples used in the test methods. This element may be combined into the "Test methods" and appear at the beginning of that clause.

## 6 Méthodes d'essai

Cette partie technique d'une publication doit donner toutes les instructions concernant les procédures pour déterminer les valeurs des caractéristiques ou pour vérifier la conformité aux prescriptions établies, et pour assurer la reproductibilité des mesures. Si nécessaire, les essais doivent clairement être identifiés comme étant des essais de type, ou des essais périodiques, ou des essais sur prélèvement, etc. Il doit également être clairement indiqué s'ils doivent être normalement réalisés par le constructeur dans des conditions de laboratoire ou s'ils peuvent être réalisés de façon satisfaisante dans les conditions d'utilisation.

Les instructions relatives aux méthodes d'essais seront subdivisées dans l'ordre suivant (si nécessaire):

- a) principe;
- b) matériaux;
- c) appareillage;
- d) préparation et conservation des échantillons pour essai et des éprouvettes;
- e) conditions d'essais;
- f) mode opératoire;
- g) expression des résultats, y compris méthode de calcul et fidélité de la méthode d'essai;
- h) rapport d'essai.

Les méthodes d'essais peuvent être présentées en paragraphes séparés dans cet article (méthodes d'essais), ou en articles séparés, ou être incorporés dans les éléments de l'article 4 (prescriptions). Il est permis de présenter également les méthodes d'essais comme annexe à ce document. Il est recommandé d'établir une méthode d'essai comme norme séparée si on prévoit de se référer à elle dans de nombreuses autres normes.

Le format de base recommandé pour l'article «méthodes d'essai» pour une norme est comme suit:

### 6.1 *Objectifs des essais*

Par exemple:

- a) pour documenter les résultats des essais, pour que les utilisateurs potentiels puissent évaluer les instruments individuels par rapport à leur besoin;
- b) pour normaliser les procédures d'essai et les spécimens d'essai pour évaluation comparative des différents instruments destinés à la même utilisation finale;
- c) pour spécifier les procédures de vérification sur le site pour contrôler ou vérifier les résultats des essais en laboratoire, et pour diriger des essais supplémentaires.

### 6.2 *Conditions de référence*

### 6.3 *Essais en laboratoire*

### 6.4 *Essais sur site*

6.5 *Résultats des essais* (format de présentation des données sous forme normalisée ou, si nécessaire, une déclaration de conformité à la norme).

## 6 Test methods

This technical section of a publication shall give all the instructions concerning the procedures for determining the values of characteristics, or for checking compliance with stated requirements, and for ensuring the reproducibility of the results. As appropriate, the tests shall be clearly identified as to whether they are type tests, routine tests, sampling tests, and so on. They shall also be clearly identified as to whether they would normally be performed by the manufacturer under laboratory conditions or if they can be satisfactorily performed under conditions of use.

Instructions relating to the test methods may be subdivided in the following order (where appropriate):

- a) principle;
- b) materials;
- c) apparatus;
- d) preparation and preservation of test samples and test pieces;
- e) test conditions;
- f) procedure;
- g) expression of results, including method of calculation and precision of the test method;
- h) test report.

Test methods may be presented as separate subclauses in this clause (test methods), or as separate clauses, or be incorporated into the elements of clause 4 (requirements). Test methods may also be presented as annexes to the document. A test method should be established as a separate standard if it is likely to be referred to in a number of other standards.

The basic format that is recommended for the test methods section of a standard is as follows:

### 6.1 *Objectives of the tests*

For example:

- a) to document the test results so that potential users may evaluate individual instruments with respect to meeting their needs;
- b) to standardize the test procedures and test specimens for comparative evaluation of different instruments designed for the same end use;
- c) to specify on-site verification procedures to spot-check or confirm the laboratory test results, and to conduct supplementary tests.

### 6.2 *Reference conditions*

### 6.3 *Laboratory tests*

### 6.4 *On-site tests*

6.5 *Test results* (standardized formal data presentation format or, if appropriate, a declaration of compliance to the standard).

## **7 Classification et désignation**

Cet élément peut établir un système de classification, de désignation et/ou de codification des appareils de mesure électriques à base de source radioactive conformes aux prescriptions établies dans l'article 4, «Prescriptions». Pour des raisons pratiques, cet élément peut être combiné avec l'article 4 si c'est plus approprié.

## **8 Marquage, étiquetage, emballage**

Cet élément peut prescrire le marquage d'un instrument qui a été testé et classé selon les prescriptions de ce document. Il peut donner également des prescriptions pour l'étiquetage et/ou pour l'emballage du produit.

Les symboles prescrits pour le marquage doivent être conformes aux normes internationales applicables.

## **7 Classification and designation**

This section of a document being prepared may establish a system of classification, designation and/or coding of electrical measuring systems utilizing radioactive sources that conform to the stated requirements of clause 4 "Requirements". For convenience, this element may be combined with clause 4 if it is more appropriate.

## **8 Marking, labelling, packaging**

This clause may specify the specific marking of an instrument which has been tested and classified with respect to the requirements of the document. It may also include requirements for the labelling and/or packaging of the product.

Symbols specified for marking shall be in conformity with relevant international standards.

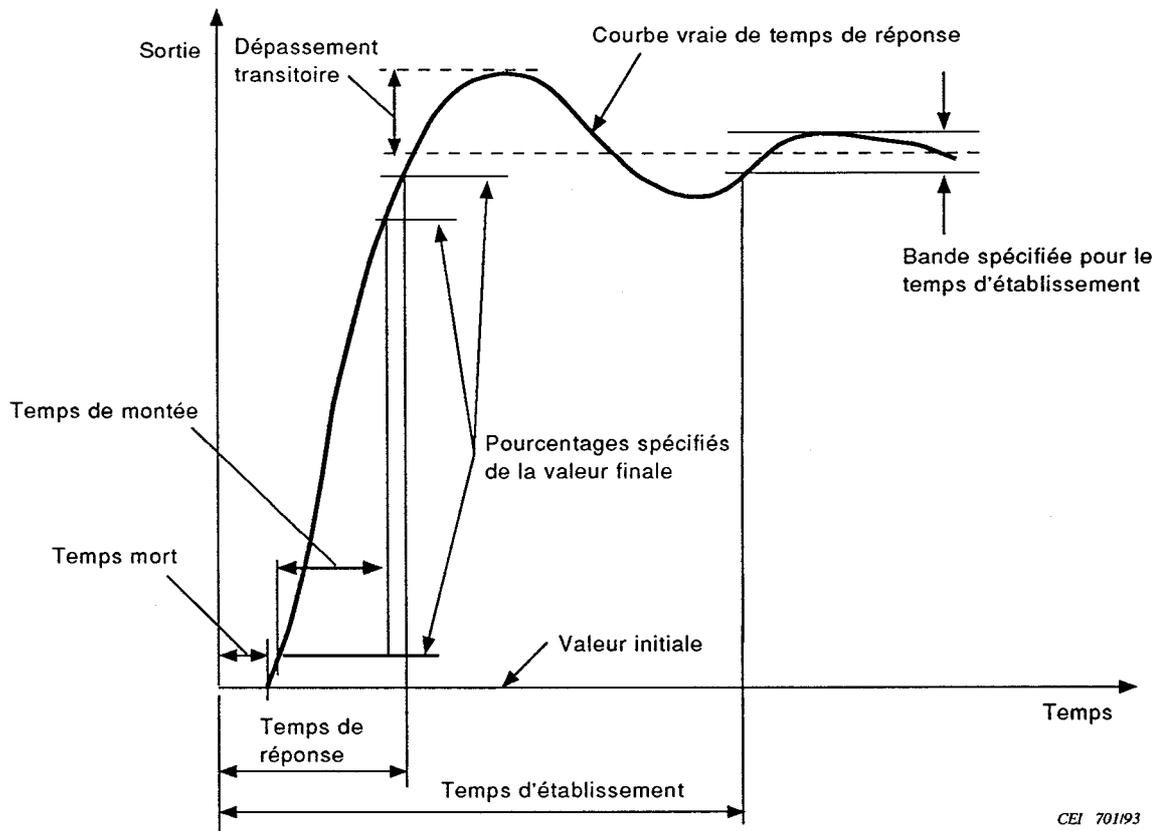
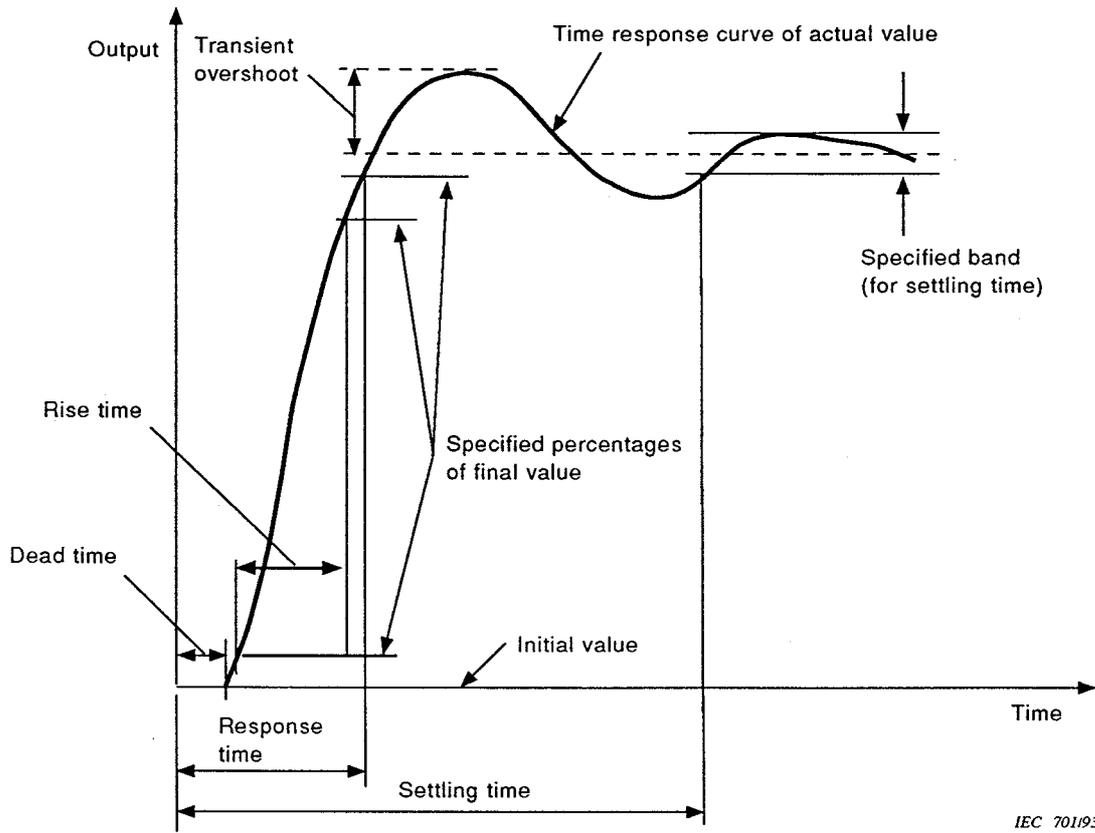
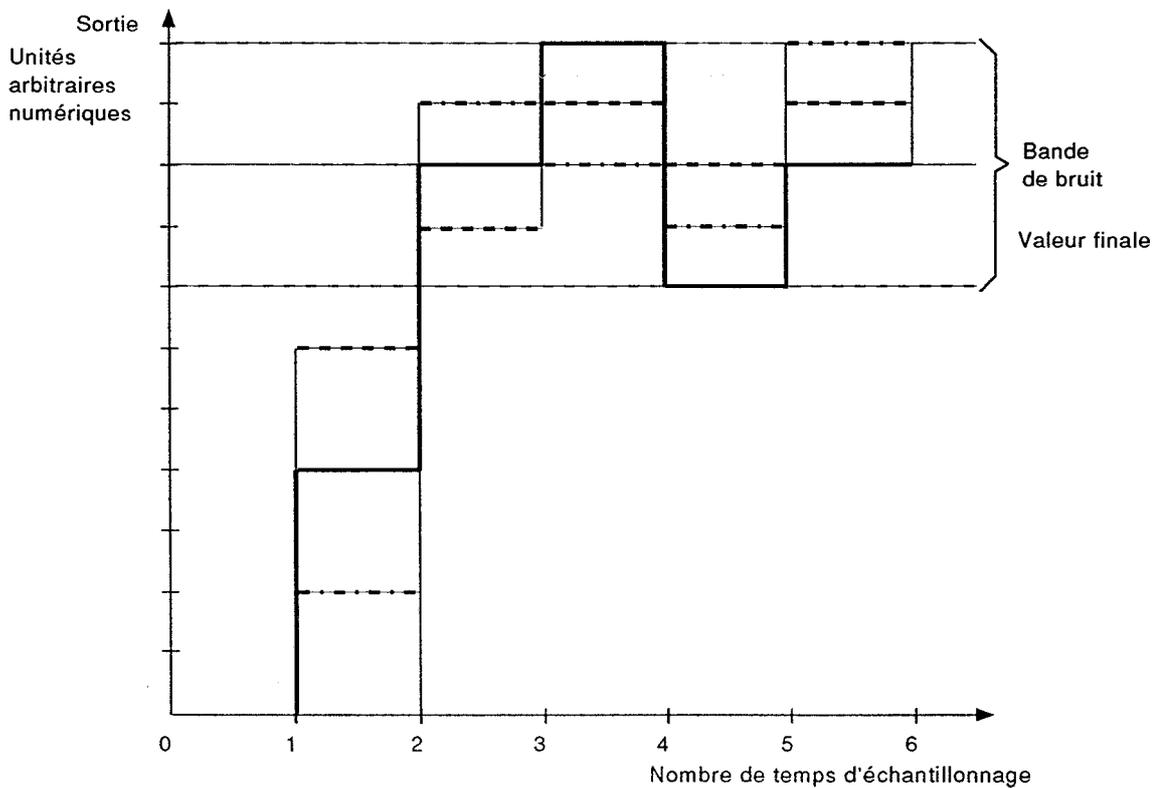
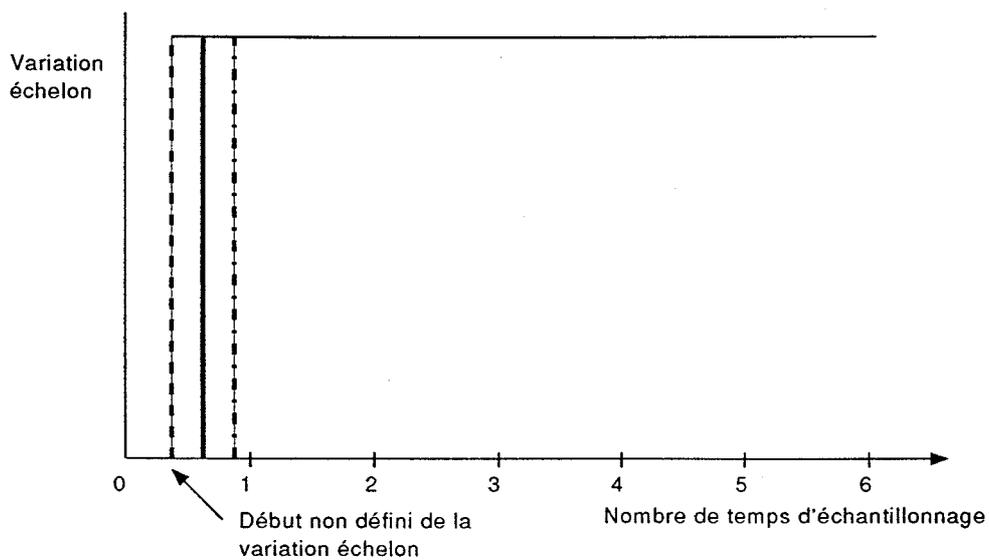


Figure 1 – Exemple de réponse temporelle d'un système analogique à un échelon unité à l'entrée



IEC 701/93

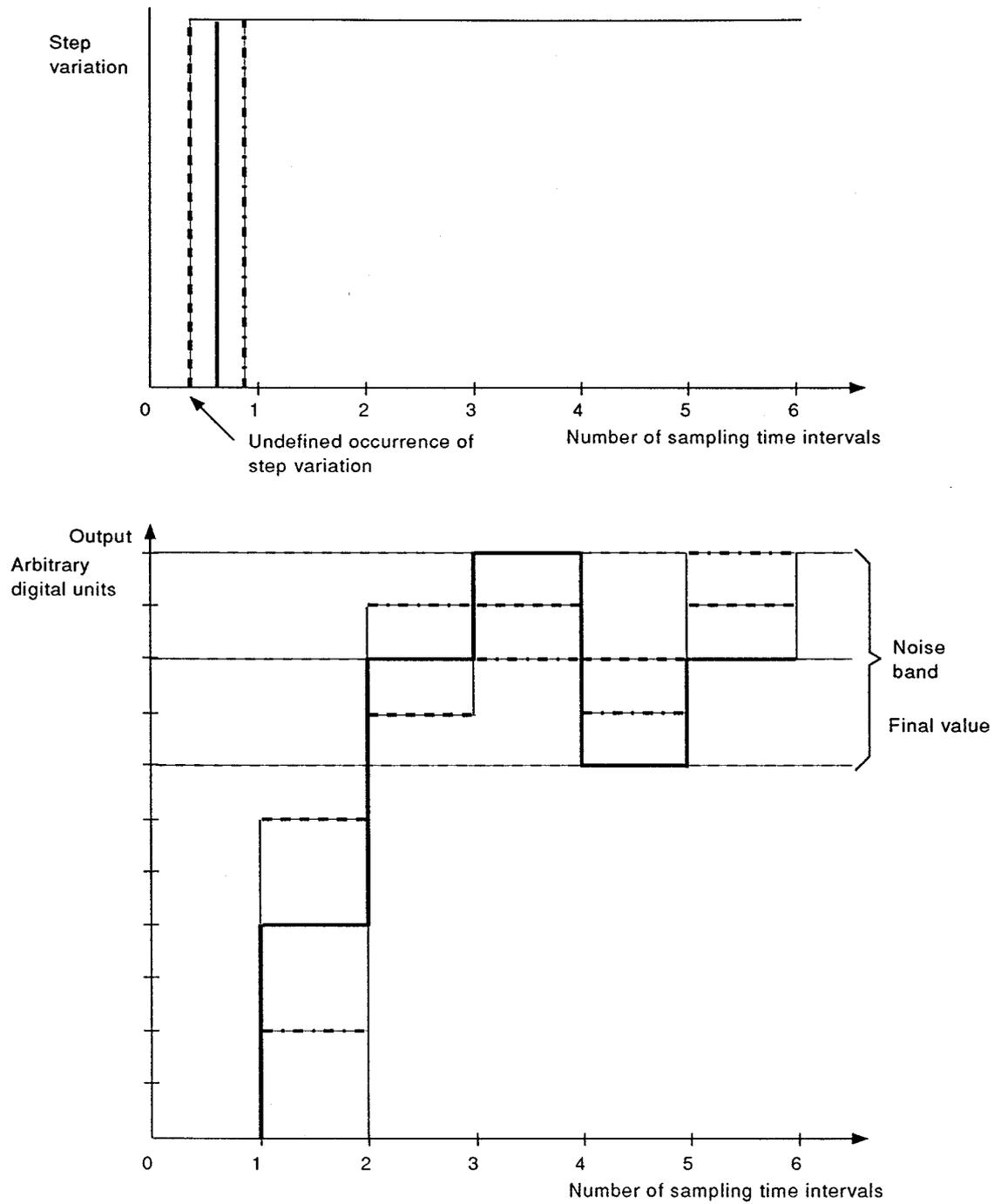
Figure 1 – Typical time response of an analogue system to a step increase of input



CEI 702/93

NOTE - La variation échelon du signal d'entrée peut survenir à un moment quelconque à l'intérieur de l'intervalle temporel d'échantillonnage.

Figure 2 - Exemple de réponse temporelle d'un système numérique à une variation échelon du signal d'entrée



IEC 702/93

NOTE - The input signal step variation may occur at any time within the sampling time interval.

Figure 2 – Typical time response of a digital system to a step variation of input

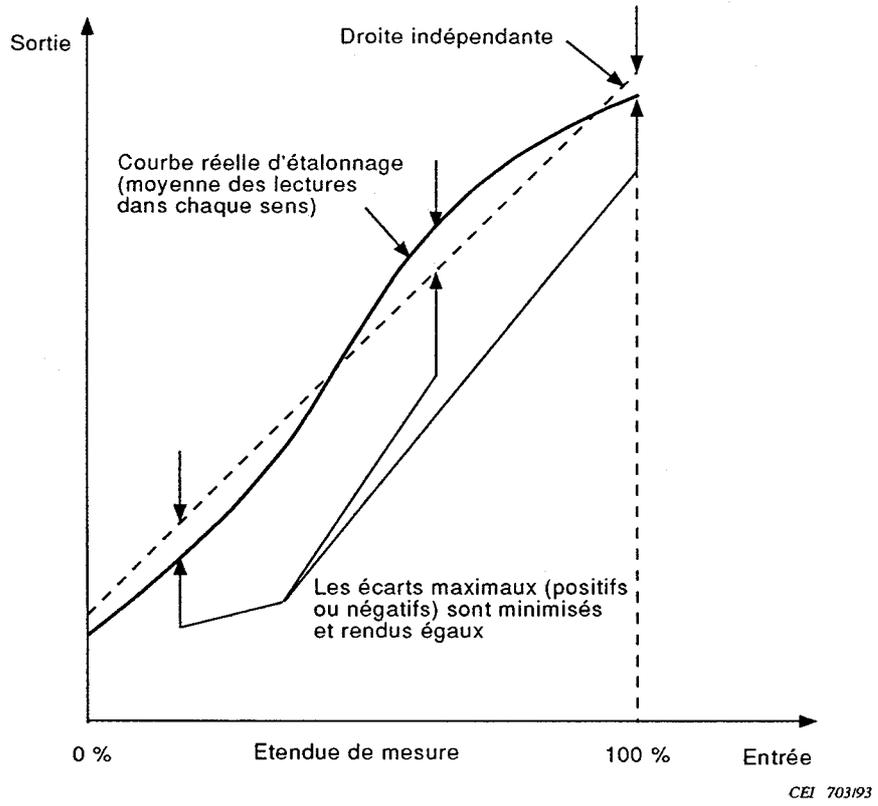


Figure 3 - Linéarité

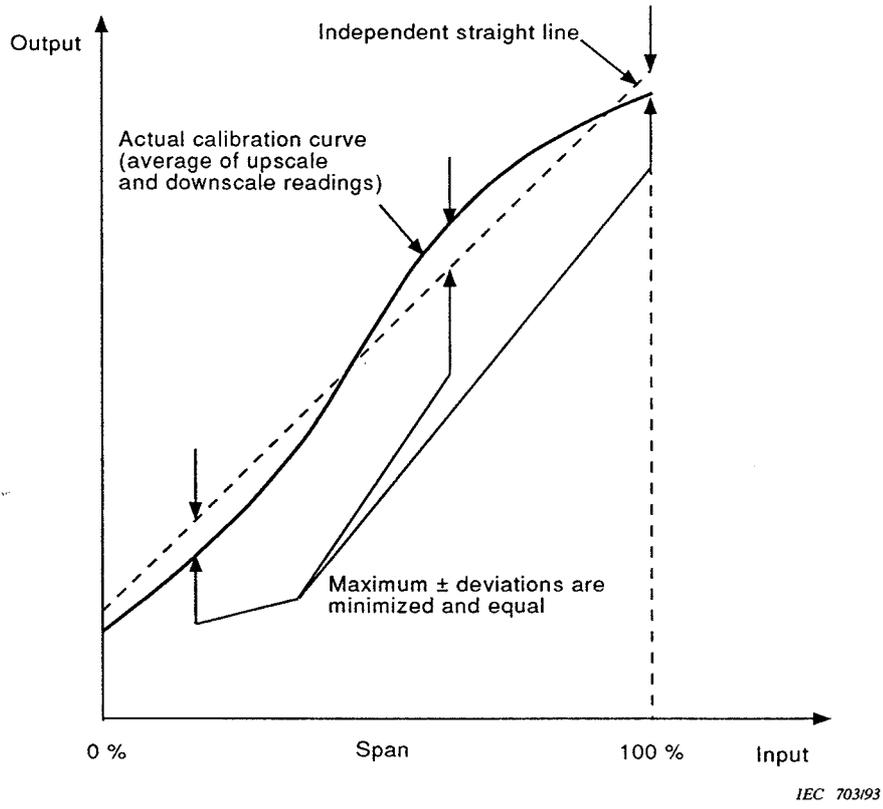


Figure 3 - Linearity

**Annexe A**  
(informative)

**Bibliographie**

Les références normatives sont indiquées dans l'article 2. Les références additionnelles suivantes servent seulement d'information et de guide et ne sont pas utilisées dans cette norme.

CEI 777: 1983, *Terminologie, grandeurs et unités concernant la radioprotection*

ISO 2919: 1980, *Sources radioactives scellées – Classification*

ISO 7205: 1986, *Jauges à radioéléments – Appareils destinés à être installés à poste fixe.*

---

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

**Annex A**  
(informative)

**Bibliography**

The normative references are listed in clause 2. The following additional references are for information and guidance only and are not provisions of this standard.

IEC 777: 1983, *Terminology, quantities and units concerning radiation protection*

ISO 2919: 1980, *Sealed radioactive sources – Classification*

ISO 7205: 1986, *Radionuclide gauges – Gauges designed for permanent installation*

---