

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60692

Deuxième édition
Second edition
1999-11

**Instrumentation nucléaire –
Densimètres à rayonnements ionisants –
Définitions et méthodes d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Density gauges utilizing ionizing radiation –
Definitions and test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60692:1999

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

60692

Deuxième édition
Second edition
1999-11

Instrumentation nucléaire –
Densimètres à rayonnements ionisants –
Définitions et méthodes d'essai

Nuclear instrumentation –
Density gauges utilizing ionizing radiation –
Definitions and test methods

© IEC 1999 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 photo-copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	6
2 Références normatives.....	6
3 Définitions.....	8
3.1 Définitions concernant l'appareil.....	8
3.2 Définitions concernant la réponse temporelle.....	10
3.3 Définitions concernant d'autres fonctions de mesure ou de contrôle.....	14
4 Méthodes d'essai	20
4.1 Généralités	20
4.2 Instabilité	22
4.3 Temps de réponse moyen	24
4.4 Temps d'établissement moyen	24
4.5 Temps de restitution	26
4.6 Linéarité.....	26
4.7 Essais spéciaux	28
4.8 Variations de la tension d'alimentation.....	28
4.9 Sensibilité au bruit externe	28
4.10 Essais portant sur la température ambiante.....	28
4.11 Humidité	30
4.12 Domaine effectif de mesure.....	30
4.13 Décroissance de la source	30
4.14 Caractéristiques de tarage	30
Annexe A (normative) Valeurs et domaines standards recommandés des grandeurs d'influence.....	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
3.1 Definitions relating to the apparatus	9
3.2 Definitions relating to time response	11
3.3 Definitions relating to other measurement or control functions	15
4 Test methods	21
4.1 General	21
4.2 Instability	23
4.3 Mean response time	25
4.4 Mean settling time	25
4.5 Recovery time	27
4.6 Linearity	27
4.7 Special tests	29
4.8 Supply voltage changes	29
4.9 External noise susceptibility	29
4.10 Ambient temperature tests	29
4.11 Humidity	31
4.12 Effective range	31
4.13 Radioactive decay	31
4.14 Standardization features	31
Annex A (normative) Recommended standard values and ranges of influence quantities	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

Densimètres à rayonnements ionisants – Définitions et méthodes d'essai

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60692 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 1980. Cette deuxième édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45/464/FDIS	45/466/RVD

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

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2004. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR INSTRUMENTATION –

**Density gauges utilizing ionizing radiation –
Definitions and test methods**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60692 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1980. This second edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
45/464/FDIS	45/466/RVD

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

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

Annex A forms an integral part of this standard.

The committee has decided that this publication remains valid until 2004. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

Densimètres à rayonnements ionisants – Définitions et méthodes d'essai

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale a trait aux définitions, méthodes et procédés d'essai applicables aux densimètres à rayonnements ionisants, destinés à mesurer la densité des liquides, des vapeurs gazeuses, des boues ou des pulvérulents. Les signaux de sortie des densimètres peuvent être analogiques ou numériques. Le système de mesure peut également comprendre des signaux d'entrée multiples avec différents moyens de compensation et de traitement de signal avant les signaux de sortie. Les références de conformité à la présente norme doivent identifier toute divergence ainsi que les raisons de ces divergences.

Les aspects concernant la sécurité sont traités dans d'autres normes de la CEI et de l'ISO (par exemple la CEI 60405, l'ISO 2919, l'ISO 7205, l'ISO 9978). Il convient également de prendre en compte la conformité avec les réglementations nationales et locales et les codes de bonne pratique.

NOTE 1 Un grand nombre de systèmes de mesure de la densité en usage aujourd'hui comportent des capteurs multiples (c'est-à-dire température et pression) et utilisent différents moyens de compensation des signaux du capteur de base, de façon à minimiser les effets des grandeurs d'influence diverses qui peuvent entraîner des erreurs de mesure, ou à corriger la lecture de la densité à une température ou une pression de référence normalisée. Des microprocesseurs conçus à cet effet ont permis de développer le traitement de signaux d'entrée multiples et les techniques de compensation d'erreur.

NOTE 2 Dans la présente norme, le terme «densité» s'applique à la densité du matériau irradié considéré. Il est utilisé indifféremment pour désigner la masse par volume ou le pourcentage de solides. En général, dans les applications de densité, les capteurs radiométriques mesurent l'atténuation massique d'un faisceau de photons.

L'objet de cette norme est d'établir des définitions, des spécifications et des méthodes d'essai pour les densimètres nucléaires.

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

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire – Instruments*

CEI 60359:1987, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques*
Amendement 1: 1991

CEI 60405:1972, *Appareils nucléaires – Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants*

CEI 60476:1993, *Instrumentation nucléaire – Appareils et systèmes électriques de mesure utilisant des rayonnements ionisants – Aspects généraux*

NUCLEAR INSTRUMENTATION –

Density gauges utilizing ionizing radiation – Definitions and test methods

1 Scope and object

This International Standard relates to definitions, test methods and procedures for density gauges utilizing ionizing radiation, designed for measuring the density of liquids, gas vapours, slurries, or fluidized solids. The output signals from density gauges may be either analogue or digital. The measurement system may also include multiple input signals with various means of compensation and signal conditioning prior to the output signals. Reference to compliance with this standard shall identify any deviations and the reasons for such deviations.

Safety aspects are covered in other IEC and ISO standards (for example IEC 60405, ISO 2919, ISO 7205, ISO 9978). Consideration should also be given to compliance with all applicable national and local regulations and codes of practice.

NOTE 1 Many density measuring systems in use today have multiple sensors (i.e. temperature and pressure) and employ various means of compensating the basic sensor signals to minimize the effects of extraneous influence quantities that introduce measurement errors, or to correct the density reading to a standard reference temperature or pressure. Dedicated microprocessors have further enhanced multiple input signal processing and error compensation techniques.

NOTE 2 In this standard, the term “density” means the density of the irradiated material being measured. It is used interchangeably to mean mass per volume or per cent solids. Radiometric sensors in density applications generally measure mass attenuation of a photon beam.

The object of this standard is to establish definitions, specifications and test methods for nuclear density gauges.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, 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. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation – Instruments*

IEC 60359:1987, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment*

Amendment 1: 1991

IEC 60405:1972, *Nuclear instruments – Constructional requirements to afford personal protection against ionizing radiation*

IEC 60476:1993, *Nuclear instrumentation – Electrical measuring systems and instruments utilizing ionizing radiation sources – General aspects*

CEI 61336:1996, *Instrumentation nucléaire – Systèmes de mesure d'épaisseur par rayonnement ionisant – Définitions et méthodes d'essai*

ISO 2919:1999, *Radioprotection – Sources radioactives scellées – Prescriptions générales et classification*

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

ISO 9978:1992, *Radioprotection – Sources radioactives scellées – Méthodes d'essai d'étanchéité*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

3.1 Définitions concernant l'appareil

3.1.1

densimètre

ensemble de mesure comportant une source de rayonnements ionisants et destiné à déterminer la densité moyenne (ou le pourcentage de solides) d'un matériau homogène ou d'un mélange hétérogène, dans une configuration définie, à l'aide de la variation de l'atténuation ou de la rétrodiffusion du rayonnement ionisant [CEI 60476, définition 3.1.2, modifiée; VEI 394-17-06, modifiée]

3.1.2

densimètre à transmission

densimètre utilisant le rayonnement transmis à travers la matière à mesurer. La source et le capteur sont positionnés de part et d'autre du matériau mesuré

3.1.3

système de mesure par rétrodiffusion

densimètre utilisant le rayonnement ionisant rétrodiffusé par le matériau mesuré. La source et le capteur sont positionnés du même côté du matériau à mesurer

3.1.4

système de mesure à flux massique

densimètre complété par un dispositif de mesure de flux fournissant une masse par unité de temps ou un débit total pour un solide en suspension

3.1.5

tête de mesure

sous-ensemble comprenant les sources de rayonnement contenues dans un ensemble émetteur, les capteurs de rayonnement contenus dans un ensemble récepteur et les dispositifs associés [CEI 61336, définition 1.3.5, modifiée; CEI 60476, définition 3.1.7, modifiée]

3.1.6

sous-ensemble électronique de mesure

sous-ensemble qui, au moyen de dispositifs électriques ou électroniques incorporés, sert à traiter les grandeurs électriques issues de la tête de mesure et à fournir des grandeurs électriques ayant des valeurs commodes pour les mesures [CEI 61336, définition 1.3.6, modifiée]

IEC 61336:1996, *Nuclear instrumentation – Thickness measurement systems utilizing ionizing radiation – Definitions and test methods*

ISO 2919:1999, *Radiation protection – Sealed radioactive sources – General requirements and classification*

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

ISO 9978:1992, *Radiation protection – Sealed radioactive sources – Leakage test methods*

3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply:

3.1 Definitions relating to the apparatus

3.1.1

density gauge

measuring assembly having an ionizing radiation source and designed to determine the average density (or per cent solids) of a homogeneous material or of a heterogeneous mixture, within a defined configuration, using the variation of the attenuation or backscatter of the ionizing radiation [IEC 60476, definition 3.1.2, modified; IEC 394-17-06, modified]

3.1.2

transmission density gauge

density gauge that utilizes the radiation transmitted through the material being measured. The source and detector are on opposite sides of the material being measured

3.1.3

backscatter measurement system

density gauge that utilizes the ionizing radiation backscattered by the material being measured. The source and detector are positioned on the same side of the material being measured

3.1.4

mass flow measurement system

density gauge in conjunction with a flow-measuring device providing a mass per unit time or total throughput of a suspended solid

3.1.5

measuring head

subassembly comprising the radiation sources contained in an emitting assembly, the radiation detectors contained in a receiving assembly and associated devices [IEC 61336, definition 1.3.5, modified; IEC 60476, definition 3.1.7, modified]

3.1.6

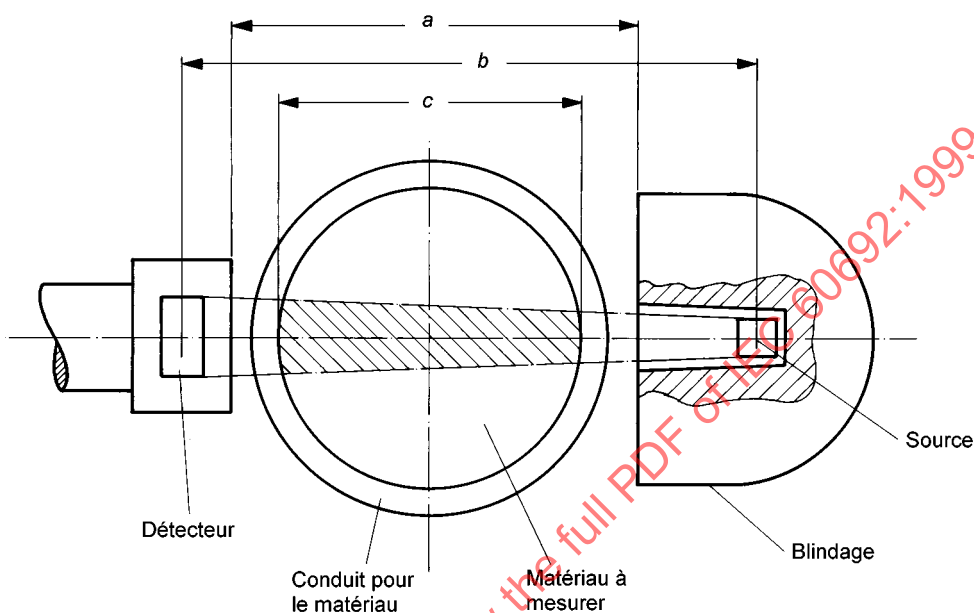
electronic measuring subassembly

subassembly which, by means of incorporated electrical or electronic devices, serves to process the electrical quantities delivered by the measuring head and to supply electrical quantities having convenient values for measurement purposes [IEC 61336, definition 1.3.6, modified]

3.1.7

entrefer de mesure

pour une jauge à transmission, intervalle entre faces opposées de l'ensemble porte-source et de l'ensemble capteur dans lequel est situé le matériau à mesurer (voir intervalle a de la figure 1). Pour une jauge à rétrodiffusion, intervalle entre la face la plus proche de l'ensemble porte-source ou de l'ensemble capteur et la surface la plus reculée du matériau à mesurer ou la surface de matériau de support [CEI 60476, définition 3.1.14, modifiée]



IEC 1654/99

Figure 1 – Exemple de configuration typique pour la mesure de la densité

3.1.8

parcours total de mesure

distance entre les centres actifs de la source de rayonnement et le capteur (distance b de la figure 1)

3.1.9

parcours effectif de mesure

longueur du matériau irradié à mesurer (longueur c de la figure 1). Cette longueur peut correspondre au diamètre intérieur du conduit ou du récipient irradié

3.2 Définitions concernant la réponse temporelle

La réponse temporelle décrit une sortie exprimée en fonction du temps, résultant de l'application d'un signal d'entrée spécifié dans des conditions de fonctionnement spécifiées. Des paramètres typiques des signaux analogiques et numériques sont définis ci-dessous.

Les paramètres typiques des systèmes à signaux analogiques sont le temps d'établissement moyen, le temps de restitution, et le temps de réponse, comme décrits ci-dessous et représentés à la figure 3.

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 de la variable. 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 en échelon n'est pas défini. La variation en échelon du signal d'entrée peut intervenir à tout moment pendant l'intervalle

3.1.7

measuring gap

for a transmission gauge, distance between opposing faces of the source housing assembly and the detector housing assembly between which the material being measured is located (distance a in figure 1). For a backscatter gauge, 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 the backing material [IEC 60476, definition 3.1.14, modified]

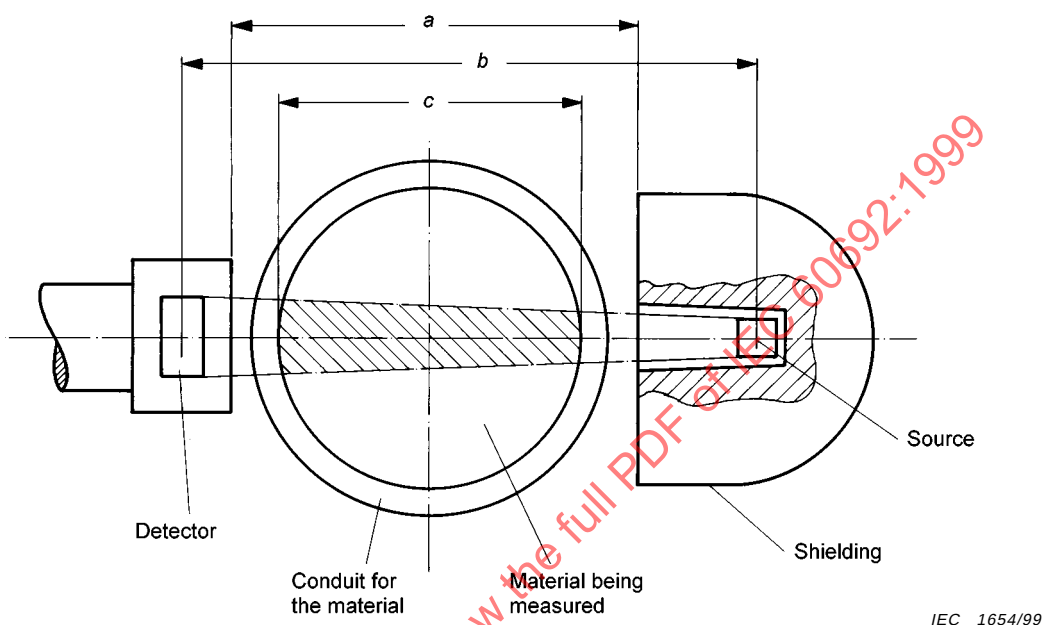


Figure 1 – Example of a typical density measurement configuration

3.1.8

total measuring path

distance between the active centres of the source and the detector (distance b in figure 1)

3.1.9

effective measuring path

length of the irradiated material to be measured (length c in figure 1). This length may be the inside diameter of the pipe or vessel being irradiated

3.2 Definitions relating to time response

Time response describes an output, expressed as a function of time, resulting from the application of a specified input under specified operating conditions. Typical parameters for analogue and digital signals are defined below.

For systems with analogue signals, the typical parameters are mean settling time, recovery time, and response time as described below and illustrated in figure 3.

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 to final value of the variable. The parameters *rise time* and *mean response time* cannot be defined in a general way because the occurrence of the step change is not defined. The input signal step variation may occur at any time within the sampling interval. The only useful parameters

d'échantillonnage. Les seuls paramètres utiles sont le temps d'établissement moyen exprimé en termes d'intervalles de temps discrets dépendant du temps d'échantillonnage, de la fréquence d'échantillonnage et du temps d'intégration du système.

3.2.1 Sortie en signal analogique

3.2.1.1

temps d'établissement moyen (analogique)

temps minimal nécessaire, après une variation en échelon spécifiée de la grandeur à mesurer, dans la gamme de mesure, pour que la moyenne du signal de sortie atteigne et reste dans la bande de bruit à $\pm 2 \sigma$ (2 sigma) de sa valeur moyenne finale (voir la figure 3) [CEI 60476, définition 3.1.25, modifiée; VEI 394-19-10, modifiée]

3.2.1.2

temps de restitution

temps nécessaire pour que le signal de sortie atteigne et conserve une nouvelle valeur stable dans la bande de bruit à $\pm 2 \sigma$ (2 sigma) quand la condition de mesure subit une variation en échelon correspondant au passage de l'état d'absence de matériau mesuré dans l'entrefer de mesure à une valeur spécifiée dans la plage de mesure [CEI 60476, 3.1.26]

3.2.1.3

temps de réponse moyen (τ)

temps moyen, après une variation en 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 étant prise en considération). Pour la présente norme, le pourcentage spécifié sera de 63,2 % de la variation d'échelon, ce qui est défini comme une constante de temps, τ [CEI 60476, définition 3.1.24, modifiée; VEI 394-19-09, modifiée]

NOTE Il est recommandé que l'amplitude de dépassement transitoire éventuel soit indiquée.

3.2.2 Sortie en signal numérique

3.2.2.1

temps d'échantillonnage

intervalle de temps pendant lequel l'information de la grandeur à mesurer est collectée, pour être transformée en une valeur numérique unique [CEI 60476, définition 3.1.27]

3.2.2.2

fréquence d'échantillonnage

nombre de fois que la grandeur à mesurer est échantillonnée par unité de temps [CEI 60476, définition 3.1.28]

3.2.2.3

temps d'intégration total

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 linéaire ou exponentielle). Ces valeurs numériques peuvent déjà présenter des moyennes temporelles de la grandeur à mesurer [CEI 60476, définition 3.1.29]

3.2.2.4

temps d'établissement moyen

temps minimal nécessaire, après une variation en échelon spécifiée de la grandeur à mesurer, pour que la moyenne du signal de sortie atteigne et reste dans la bande de bruit statistique autour de sa valeur moyenne finale [CEI 60476, définition 3.1.30, modifiée]

NOTE Il est recommandé que ce temps d'établissement moyen numérique soit exprimé comme un multiple du temps d'échantillonnage.

are the mean settling time expressed in terms of discrete time intervals depending upon the system sampling time, sampling rate, and integration time.

3.2.1 Analogue signal output

3.2.1.1

mean settling time (analogue)

minimum time required after a specified step variation in the measured quantity, within the effective range, for the mean of the output signal to reach and remain within the statistical noise band of its final mean value (see figure 3) [IEC 60476, definition 3.1.25, modified; IEV 394-19-10, modified]

3.2.1.2

recovery time

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 [IEC 60476, 3.1.26]

3.2.1.3

mean response time (τ)

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). For this standard, 63,2 % of the step change shall be the specified percentage, which is defined as one time constant, τ [IEC 60476, definition 3.1.24 modified; IEV 394-19-09, modified]

NOTE The magnitude of any transient overshoot should be stated.

3.2.2 Digital signal output

3.2.2.1

sampling time

time interval over which information for the input quantity is collected to be converted into a single digital value [IEC 60476, definition 3.1.27]

3.2.2.2

sampling rate

number of times the quantity to be measured is sampled per unit of time [IEC 60476, definition 3.1.28]

3.2.2.3

overall integration time

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 (for example, linear or exponential averaging). These numerical values may already represent time averages of the quantity to be measured [IEC 60476, definition 3.1.29]

3.2.2.4

mean settling time (digital)

minimum time required after a specified step variation in the measured quantity for the output signal to reach and remain within the statistical noise band of its final mean value [IEC 60476, definition 3.1.30, modified]

NOTE This digital mean settling time should be expressed as a multiple of the sampling time.

3.3 Définitions concernant d'autres fonctions de mesure ou de contrôle

3.3.1

précision (statique)

degré de conformité d'une valeur indiquée à une valeur normalisée reconnue, ou valeur idéale, mesurée dans des conditions statiques de référence [CEI 60476, définition 3.1.47]

NOTE 1 Elle est généralement mesurée comme une imprécision mais exprimée en tant que précision.

NOTE 2 Généralement, elle est exprimée en termes de variable mesurée, de pourcentage de l'étendue de mesure, de pourcentage de valeur de domaine supérieure ou pourcentage de lecture en sortie réelle.

NOTE 3 Elle est exprimée avec une notation statistiquement significative; par exemple $\pm 2 \sigma$.

3.3.2

précision (dynamique)

degré de conformité d'une valeur indiquée à une valeur normalisée reconnue, ou valeur idéale, quand elle est mesurée dans des conditions d'environnement opératoire normal [CEI 60476, définition 3.2.6]

NOTE Voir précision (statique).

3.3.3

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 [CEI 60476, définition 3.1.45]

NOTE Elle est généralement mesurée comme une non-répétabilité et exprimée comme une répétabilité.

3.3.4

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 des différentes jauges qui ont été étalonnées sur les mêmes valeurs d'entrée dans les mêmes conditions opératoires [CEI 60476, définition 3.1.46]

NOTE Elle est généralement mesurée comme une non-reproductibilité et exprimée comme une reproductibilité en pourcentage de la valeur de domaine supérieure ou de pourcentage de lecture en sortie réelle pour une durée spécifiée ou un nombre de mesures.

3.3.5

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 [CEI 60476, définition 3.2.5]

NOTE L'erreur est généralement exprimée en unités de grandeur mesurée primaire ou comme pourcentage de la grandeur mesurée réelle pour une source de bruit ou une intensité d'énergie et de champ spécifiée.

3.3.6

résolution

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 prises en compte. Il est recommandé de normaliser les données échantillonnées pour tenir compte des effets du filtrage du signal et du temps de mesure des données [CEI 60476, définition 3.1.18, modifiée]

3.3.7

domaine nominal

domaine des valeurs de la grandeur à mesurer, à observer, à afficher, ou à fournir, que le constructeur a assigné à son appareil [CEI 60476, définition 3.1.35]

3.3 Definitions relating to other measurement or control functions

3.3.1

accuracy (static)

degree of conformity of an indicated value to a recognized standard value, or ideal value, when measured under static reference conditions [IEC 60476, definition 3.1.47]

NOTE 1 It is usually measured as an inaccuracy and expressed as an accuracy.

NOTE 2 It is typically expressed in terms of the measured variable, per cent of span, per cent of upper range value, or per cent of actual output reading.

NOTE 3 It is expressed with some statistically significant notation; for example, $\pm 2 \sigma$.

3.3.2

accuracy (dynamic)

degree of conformity of an indicated value to a recognized standard value, or ideal value, when measured under normal operating environmental conditions [IEC 60476, definition 3.2.6]

NOTE See accuracy (static).

3.3.3

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 [IEC 60476, definition 3.1.45]

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

3.3.4

reproducibility

closeness of agreement among a number of measurements of the output, made over an extended period of time, for the same value of the 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 [IEC 60476, definition 3.1.46]

NOTE It is usually measured as a non-reproducibility and expressed as a reproducibility in per cent of the upper range value or per cent of the actual output reading for a specified time period or number of measurements.

3.3.5

external noise susceptibility

indication error due to interference from external noise sources of an electromagnetic or high-energy radiation source [IEC 60476, definition 3.2.5]

NOTE The error is usually expressed in units of the primary measurement quantity or as a percentage of the actual measurement quantity for a specified noise source or energy and field intensity.

3.3.6

resolution

smallest change of the quantity being measured that can be observed or detected. Due regard shall 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 [IEC 60476, definition 3.1.18, modified]

3.3.7

rated range

range of quantity to be measured, observed, supplied, or set, which the manufacturer has assigned to the apparatus [IEC 60476, definition 3.1.35]

3.3.8

domaine effectif de mesure

partie du domaine nominal, dans laquelle les mesures peuvent être réalisées dans les limites spécifiées d'erreur [CEI 60476, définition 3.1.36]

NOTE Le domaine effectif de mesure peut être divisé afin de donner des caractéristiques plus complètes de l'instrument.

3.3.9

étendue de mesure

différence algébrique entre les valeurs maximale et minimale de la variable à mesurer [CEI 60476, définition 3.1.37]

3.3.10

grandeur d'influence

toute grandeur, généralement externe à l'équipement susceptible d'exercer une influence sur son fonctionnement [CEI 60476, définition 3.2.2]

3.3.11

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 et les essais de calibrage [CEI 60476, définition 3.2.3]

3.3.12

domaine d'utilisation

domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence, quand les prescriptions concernant les erreurs de fonctionnement sont satisfaites [CEI 60476, définition 3.1.34]

3.3.13

courbe d'étalonnage

représentation analytique, graphique ou tabulaire du signal de sortie du système en tant que fonction de la variable à mesurer [CEI 60476, définition 3.1.32, modifiée]

3.3.14

valeur conventionnellement vraie

meilleure valeur qui peut être obtenue pour la grandeur à mesurer utilisée comme étalon [VEI 394-20-10, modifiée]

3.3.15

tarage

dispositif manuel ou automatique dans la jauge, qui normalise la sortie de mesure sous certaines conditions; par exemple, tuyau vide, tuyau rempli d'eau, atténuateurs incorporés ou obturateur fermé [CEI 60476, définition 3.1.48, modifiée]

NOTE Le tarage a pour objet de régler de manière périodique le procédé de mesure pour minimiser les effets de décroissance de source, de dépôt, de dérive électronique, etc. Une insertion manuelle ou automatique d'échantillons de vérification et un changement consécutif des paramètres de traitement sont considérés comme un ré-étalonnage, et non comme un tarage.

3.3.16

limites d'erreur

valeurs maximales de l'erreur assignée par le constructeur à la grandeur mesurée ou fournie par un appareil fonctionnant dans des conditions spécifiées dans les méthodes d'essai [CEI 60476, définition 3.1.43]

NOTE Il est recommandé que les limites d'erreur soient données pour des valeurs spécifiques d'activité de source, de temps de réponse moyen, d'entrefer de mesure et de domaine de référence indiqué de valeurs de densité d'un matériau mesuré.

Lorsque l'épaisseur de paroi n'est pas constante, des mesures appropriées peuvent être fournies pour corriger les effets des variations d'épaisseur de paroi dues à l'érosion, à la corrosion ou au dépôt de matériau.

3.3.8**effective range**

that part of the rated range where measurements can be made within the stated limits of error [IEC 60476, definition 3.1.36]

NOTE The effective range may be subdivided in order to characterize the instrument more fully.

3.3.9**span**

algebraic difference between the upper and lower range-values of the measured variable [IEC 60476, definition 3.1.37]

3.3.10**influence quantity**

any quantity, generally external to an apparatus, which may affect its performance [IEC 60476, definition 3.2.2]

3.3.11**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 60476, definition 3.2.3]

3.3.12**rated range of use**

range of values for an influence quantity within which the requirements concerning operating error are satisfied [IEC 60476, definition 3.1.34]

3.3.13**calibration curve**

analytical, graphical, or tabular representation of the system output signal as a function of the variable to be measured [IEC 60476, definition 3.1.32]

3.3.14**conventionally true value**

best obtainable value of the quantity being measured used as a standard for calibration purposes [IEV 394-20-10, modified]

3.3.15**standardization**

manual or automatic feature in the gauge that will normalize the measurement output when measuring under certain conditions; for example, empty pipe, water-filled pipe, built-in attenuators or closed shutter [IEC 60476, definition 3.1.48, modified]

NOTE The purpose of standardization is to adjust the measurement processing periodically to minimize effects of source decay, build-up, electronic drift, etc. Manual or automatic insertion of check samples and subsequent change of processing parameters are considered as recalibration, not standardization.

3.3.16**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 60476, definition 3.1.43]

NOTE The limits of error should be given for specific values of source activity, mean response time, measuring gap and a stated reference range of density values of a measured material.

In cases where the wall thickness is not constant, appropriate measures may be provided to correct the effects of changes in wall thickness due to erosion, corrosion or build-up of material.

3.3.17

erreur due au dépôt d'un matériau

erreur d'indication causée par le dépôt d'un matériau étranger ou de solides du procédé sur les parois du récipient ou du tuyau sur le parcours du faisceau de rayonnements. Cette erreur peut être exprimée en unités de grandeur de la mesure primaire ou en pourcentage de la grandeur de mesure réelle pour un niveau de dépôt spécifié

3.3.18

erreur intrinsèque

erreur déterminée sous les conditions de référence [CEI 60476, définition 3.1.44]

3.3.19

linéarité

degré de concordance que la courbe d'étalonnage peut atteindre par rapport à une droite telle que définie dans la figure 2 [CEI 60476, définition 3.1.33]

NOTE Généralement, elle est mesurée comme une non-linéarité mais on l'exprime comme une linéarité en valeur absolue ou relative: par exemple, un écart type ou maximal entre une courbe moyenne et une ligne droite. La courbe moyenne est déterminée après au moins deux excursions complètes du domaine effectif de mesure dans chaque sens. Sauf spécification contraire, la valeur de linéarité qualifie le signal de sortie.

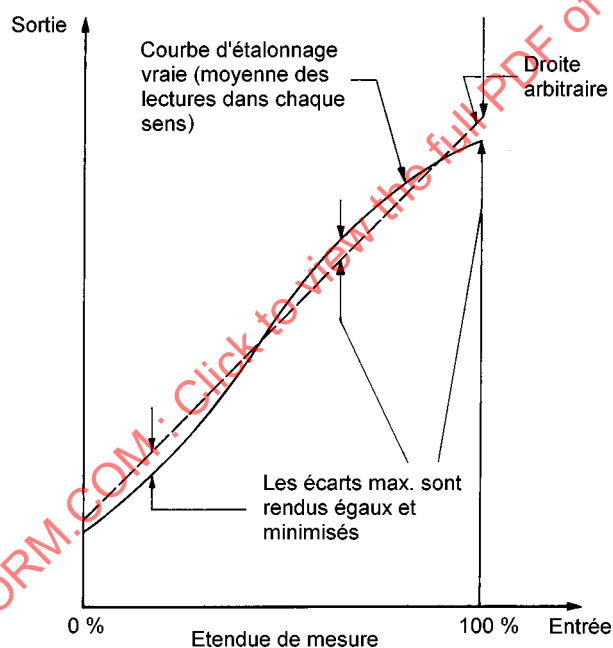


Figure 2 – Courbe de linéarité

IEC 1655/99

3.3.20

instabilités

variations du signal de sortie final avec toutes les grandeurs d'influence maintenues constantes, l'instrument fonctionnant dans les conditions de référence à l'intérieur du domaine effectif de mesure.

On distingue les instabilités suivantes:

a) Fluctuation statistique du signal de sortie final

Par définition, variation de ± 2 écarts types de la valeur du signal de sortie final déterminée en excluant toutes les dérives lorsque le capteur est dans les conditions d'irradiation.

b) Instabilité électrique

Variation du signal de sortie lorsque toutes les grandeurs d'influence sont maintenues constantes et que le capteur n'affecte pas la mesure.

3.3.17**material build-up error**

indication error that is caused by the build-up of foreign material or process solids on the vessel or pipe walls in the path of the radiation beam. This error may be expressed in units of the primary measurement quantity or as a percentage of the actual measurement quantity for a specified build-up level

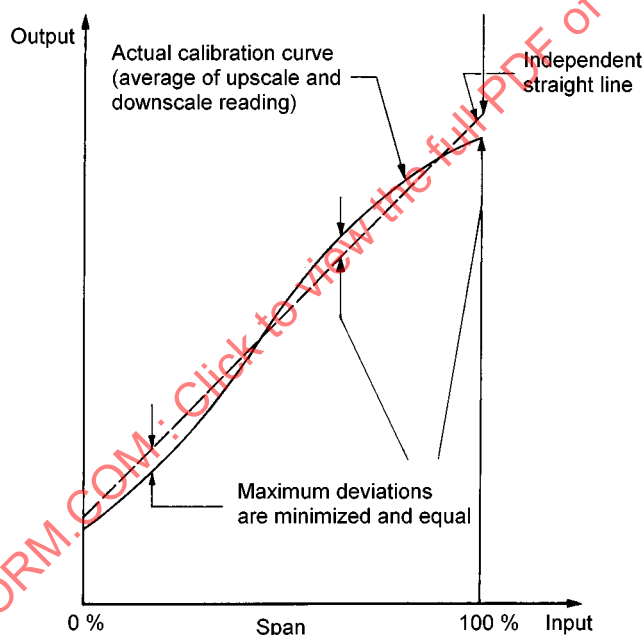
3.3.18**intrinsic error**

error determined under reference conditions [IEC 60476, definition 3.1.44]

3.3.19**linearity**

closeness to which the actual calibration curve approximates a straight line, as defined in figure 2 [IEC 60476, definition 3.1.33]

NOTE It is usually measured as a non-linearity and expressed as a linearity which may be either absolute or relative: for example, a standard deviation or maximum deviation between an average curve and straight line. The average curve is determined after aiming two or more full range excursions in each direction. The value of linearity is referred to the output unless otherwise stated.



IEC 1655/99

Figure 2 – Linearity curve

3.3.20**instabilities**

variations of the final output signal with all influence quantities held constant and the instrument operating under reference conditions within the effective range.

The instabilities comprise the following:

a) Statistical fluctuation of the final output signal

Defined as ± 2 standard deviation of the value of the final output signal determined excluding all drifts while the detector is in irradiated conditions.

b) Electrical instability

Variation of the output signal when the detector does not affect the measurement and while all influence quantities are held constant.

c) Dérive

Instabilité provoquée par d'autres causes que la nature statistique du rayonnement incident. Elle peut être déterminée pour des périodes de quelques minutes à plusieurs années.

i) Dérive à long terme

Dérive observée pour des périodes allant de un jour à un an à l'exclusion des effets dus à la décroissance du rayonnement.

ii) Dérive à court terme

Dérives excluant celles qui proviennent de causes extérieures telles que la corrosion ou l'usure des parois du récipient ou des tuyaux ou le dépôt de matériaux sur les parois des tuyaux ou du récipient. On considère comme dérives à court terme les dérives qui interviennent dans des périodes inférieures à un jour.

iii) Dérive liée à la décroissance du rayonnement

Erreur due à la décroissance du rayonnement et aux circuits de compensation associés ou à tout algorithme informatique.

4 Méthodes d'essai

4.1 Généralités

Le présent article traite des essais des densimètres nucléaires en ligne et vise à déterminer les caractéristiques de fonctionnement et les effets des influences externes. Les objectifs de ces essais sont les suivants.

- a) Réunir une documentation pour les résultats d'essai de façon que les utilisateurs potentiels puissent évaluer chacun des densimètres.
- b) Normaliser les procédures d'essai et les échantillons pour une évaluation comparative des différents densimètres.

Tous les essais appropriés de la présente norme doivent être exécutés, et les résultats doivent faire l'objet d'un document écrit. Si, pour une raison quelconque, un essai ne peut pas être exécuté, la raison doit en être clairement indiquée sur le document d'évaluation. Dans ce cas, une estimation des caractéristiques de fonctionnement attendues, ou un essai de substitution, doivent être donnés et marqués.

Si les résultats d'essai du laboratoire découlent d'essais de prototypes ou de modèles génériques, des essais et des procédures appropriés d'assurance de la qualité doivent être institués pour s'assurer que chacun des systèmes suivants possède des caractéristiques de fonctionnement comparables ou que les exceptions sont notées de manière adéquate.

Beaucoup de ces essais nécessitent des échantillons de mesure ayant des densités spécifiées ou une variation instantanée de la densité d'échantillon. Pour ces essais, il est permis d'utiliser des échantillons solides de substitution, tels que des plaques ou des blocs métalliques, qui sont radiométriquement équivalents.

Le densimètre doit être soumis aux essais suivants pour déterminer les limites d'erreur pour chaque domaine effectif de mesure spécifié.

Si pour une raison quelconque, certains essais ne sont pas effectués, ces omissions doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

c) Drift

Instability caused by all reasons other than the statistical nature of the incident radiation. It can be considered for periods ranging from minutes to years.

i) Long-term drift

Drift observed in the periods ranging from one day to one year, excluding the effects of radioactive decay.

ii) Short-term drift

Excluding drifts arising from external causes such as vessel or pipe-wall corrosion or wear and build-up of material on the pipe or vessel walls. The short-term drifts are considered to be drifts occurring in periods of less than one day.

iii) Drift due to radioactive decay

Error due to radioactive decay and any associated compensating circuitry or computer algorithm.

4 Test methods**4.1 General**

This clause deals with tests of on-line nuclear density gauges, to determine performance characteristics and the effects of extraneous influences. The objectives of these tests are as follows.

- a) To document the test results so that potential users may evaluate individual density gauges.
- b) To standardize the test procedures and test specimens for comparative evaluation of different density gauges.

All of the appropriate tests in this clause shall be performed, and the results shall be documented. If, for some reason, a test cannot be performed, the reason shall be clearly stated on the evaluation form. In this case, an estimate of the expected performance, or a substitute test, shall be given and so labelled.

If the documented laboratory test results are based on prototype or generic model testing, appropriate quality assurance tests and procedures shall be instituted to ensure that each subsequent system has comparable performance, or that any exceptions are adequately noted.

Many of the tests require measurement samples of specified densities or require an instantaneous change in sample density. For these tests, it is permissible to use substitute solid samples, such as metal plates or blocks, that are radiometrically equivalent.

The density gauge shall be subjected to the following tests to determine the limits of error for any stated effective range.

If, for any reason, some tests are not carried out, these omissions shall be by agreement between the user and the manufacturer.

Toutes les conditions de référence étant maintenues constantes, on doit déterminer:

- l'instabilité;
- le temps de réponse moyen;
- le temps d'établissement moyen;
- le temps de restitution;
- la linéarité;
- les effets d'essais spéciaux.

Toutes les conditions de référence étant maintenues constantes, sauf pour le paramètre en essai, on doit déterminer l'effet:

- des variations de tension d'alimentation;
- de la sensibilité au bruit externe;
- des variations de température;
- de l'humidité.

Lorsque des valeurs et des domaines normalisés ne sont pas spécifiés dans cette section, il est recommandé d'utiliser les valeurs données à l'annexe A.

4.2 Instabilité

Les instabilités doivent être déterminées en maintenant constantes toutes les grandeurs d'influence et en faisant fonctionner l'instrument dans son domaine effectif de mesure ou sans rayonnement, selon ce qui est approprié. La distance source-capteur et l'activité de la source sont considérées comme des grandeurs de référence car leurs deux valeurs sont choisies pour satisfaire l'application considérée. Il faut spécifier la constante de temps ou le temps d'établissement.

4.2.1 Fluctuations statistiques

Des mesures doivent être effectuées alors que les signaux de capteur sont à l'intérieur du domaine effectif de mesure à 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue de mesure. Ces trois valeurs peuvent être fournies, ou seulement la valeur maximale de la fluctuation statistique. Les temps de réponse moyens correspondants doivent être indiqués.

La fluctuation statistique du signal de sortie final doit être déterminée à $\pm 2 \sigma$ de la valeur finale du signal de sortie, comme indiqué à la figure 3. Les fluctuations doivent être reportées sous forme de pourcentage de la valeur absolue ou en unités de la variable à mesurer.

4.2.2 Instabilité électrique

Ces essais doivent être effectués pour déterminer la variation des signaux de sortie pour le sous-ensemble électrique sans influence provenant de la source de rayonnements ionisants. On peut effectuer cette opération lorsque l'obturateur de source est fermé ou lorsque la source de rayonnement est enlevée de la tête de mesure. Le bruit et la stabilité au niveau du préamplificateur peuvent être contrôlés par un système informatique d'acquisition de données, ou par les fonctions automatiques incluses dans le système de mesure, ou par tout autre moyen adapté au signal présent au point d'essai.

4.2.2.1 Bruit électrique

Pour échantillonner correctement le bruit de fond, le système d'acquisition de données doit avoir un temps d'intégration ou une constante de temps ne dépassant pas 10 % du temps de réponse au point de mesure. Il est recommandé que le taux d'échantillonnage soit tel que

With all reference conditions held constant, the following shall be determined:

- instability;
- mean response time;
- mean settling time;
- recovery time;
- linearity;
- special test effects.

With all reference conditions held constant, except for the condition under test, the effect of each of the following shall be determined:

- supply voltage change;
- external noise susceptibility;
- temperature change;
- humidity.

When standard values and ranges of influence quantities are not specified in this section, it is recommended that the values given in annex A be used.

4.2 Instability

Instabilities shall be determined while all reference quantities are held constant and the instrument is operating within its effective range, or with no radiation present, whichever is appropriate. Source to detector separation and source activity are considered as reference quantities because both values are chosen to satisfy the application. The time constant or settling time must be specified.

4.2.1 Statistical fluctuations

Measurements shall be made with detector signals within the effective range at 10 %, 50 % and 90 % of the span. All three values may be reported, or only the maximum value of statistical fluctuation. The respective mean response times shall be stated.

The statistical fluctuation of the final output signal shall be determined as $\pm 2 \sigma$ of the final value of the output signal, as illustrated in figure 3. The fluctuations are to be reported as a percentage of the absolute value or in units of the measured variable.

4.2.2 Electrical instability

These tests shall be performed to determine the variation of output signals for the electrical subassembly without any influence from the source of ionizing radiation. This may be accomplished with the source shutter closed, or with the radiation source removed from the measuring head. The noise and stability at the preamplifier may be monitored with a computer-based data acquisition system, or by the automatic logging functions in the gauging system, or any other means suitable for the signal which is present at the test point.

4.2.2.1 Electrical noise

To sample random noise properly, the data acquisition system shall have an integration time or time constant no greater than 10 % of the response time at the point of measurement. The sampling rate should be such that the interval between samples is greater than three

l'intervalle entre les échantillons soit supérieur à trois fois le temps de réponse ($>3 \tau$) du système de mesure au point de mesure. Le bruit doit être exprimé en unités de la variable mesurée.

4.2.2.2 Instabilité électrique à long terme

L'instabilité électrique à long terme doit être contrôlée au niveau du préamplificateur avec le système d'acquisition de données ou par les fonctions automatiques incluses dans le système de mesure, le temps d'échantillonnage étant réglé à 60 s maximum, l'intervalle de moyennage à 6 min et les données moyennées étant collectées toutes les heures, sur une période d'au moins 100 h (au moins 100 points de données). La moyenne et les écarts types doivent être calculés et exprimés en unités de la variable à mesurer.

4.2.3 Essais de bruit radiométrique et d'instabilité globale

Ces essais sont effectués lorsque l'obturateur de source est ouvert et le système de mesure en plein fonctionnement. Les procédures d'essai doivent être les mêmes que celles décrites en 4.2.2. Il est recommandé que les données soient collectées à la sortie finale linéarisée, représentant les valeurs de matériaux mesurés à l'intérieur du domaine effectif de mesure à 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue de mesure. On doit évaluer à la fois le bruit et la stabilité à long terme. La jauge doit être réglée en mode de mesure continu sans tarage ni ré-étalonnage périodiques. Les résultats doivent être reportés sous forme de pourcentage de la valeur absolue ou en unités de la variable mesurée.

4.2.4 Essais de reproductibilité des mesures

Ces essais doivent être effectués en utilisant une série d'au moins cinq mesures séquentielles, un échantillon étant mesuré chaque fois que le système de mesure passe par son cycle normal de tarage. Il est recommandé que le temps de moyennage soit ajusté selon les spécifications du vendeur, habituellement 5 s à 60 s.

4.3 Temps de réponse moyen

A l'aide d'un enregistreur à grande vitesse, d'un oscilloscope ou d'un autre appareil approprié, prendre un certain nombre d'enregistrements ou de photographies de la réponse produite par une variation en échelon dans la grandeur à mesurer, et déterminer le temps nécessaire pour atteindre pour la première fois, 63,2 % de la valeur moyenne stable finale. La réponse moyenne doit être fondée sur trois mesures au minimum. Il est recommandé d'indiquer également l'amplitude de tout dépassement de signal transitoire.

Les temps nécessaires pour produire la variation en échelon doivent être au moins 10 fois inférieurs aux temps d'établissement prévus en utilisation normale pour le système soumis aux essais.

NOTE Le temps de réponse tel qu'il est défini peut aussi être appelé constante de temps.

4.4 Temps d'établissement moyen

Il doit être mesuré en introduisant une variation en échelon de la densité apparente du matériau mesuré et en observant la réponse du système de mesure au point considéré (voir la figure 3).

Il peut être mesuré à n'importe quel point qui permet aux deux limites de la variation en échelon de rester à l'intérieur de la gamme de mesure de l'instrument.

Il est recommandé que la variation d'échelon de la densité apparente ne dépasse pas 50 % et que la lecture se situe entre 30 % et 80 % de l'étendue de mesure.

response times ($>3 \tau$) of the measurement system at the point of measurement. The noise is to be expressed in units of the measured variable.

4.2.2.2 Long-term electrical instability

The long-term electrical instability shall be monitored at the preamplifier using the data acquisition system or the automatic logging function of the gauging system. Set the sampling time for a maximum of 60 s with an averaging interval of 6 min. Collect averaged data every hour for a period of at least 100 h (at least 100 data points). The average output value and its standard deviation are to be computed and expressed in units of the measured variable.

4.2.3 Radiometric noise and overall instability tests

These tests are performed with the shutter open and with the measurement system in full operation. The test procedures shall be the same as those described in 4.2.2. Data should be collected on the linearized final output, representing measured material values within the effective range at 10 %, 50 % and 90 % of the span. Both the noise and long-term stability are to be evaluated. The gauge is to be set up for its continuous measurement mode with no periodic standardization or recalibration. The results are to be reported as a percentage of the measured material absolute value or in the units of the measured variable.

4.2.4 Measurement reproducibility tests

These tests shall be accomplished by making a series of five or more sequential measurements wherein each time the measurement system is put through its normal standardization cycle, a test sample is measured. The averaging period should be according to the vendor's specifications, usually 5 s to 60 s.

4.3 Mean response time

Using a high-speed recorder, oscilloscope or other appropriate instrumentation, take a number of recordings or photographs of the response produced by a step variation in the measured quantity and determine the time required for each measurement to reach, for the first time, 63,2 % of the final steady-state mean value. The mean response shall be based on a minimum of three such measurements. The magnitude of any transient signal overshoot should also be stated.

The times required to produce the step changes shall be at least a factor of 10 less than the response times anticipated to arise in normal use for the system being tested.

NOTE This response time, as defined, may also be called time constant.

4.4 Mean settling time

It shall be measured by introducing a step change of the apparent density of the measured material and observing the response of the gauge system at the point of interest (see figure 3).

It may be measured at any point where both limits of the step change are within the effective range of the instrument.

It is recommended that the step change of the apparent density should not be greater than 50 % and the reading should be within 30 % to 80 % of the span.

Le temps d'établissement moyen pour une lecture en augmentation et en diminution doit être mesuré.

L'essai est effectué en insérant rapidement dans l'entrefer de mesure et en retirant rapidement de celui-ci un absorbeur qui provoquera une variation de lecture d'environ 50 % de l'étendue de mesure.

Les temps nécessaires pour produire les variations en échelon doivent être au moins 10 fois inférieurs aux temps d'établissement escomptés en utilisation normale.

Lorsque les gammes de mesure de l'instrument sont grandes, l'essai doit être effectué en plus d'un point du domaine effectif de mesure.

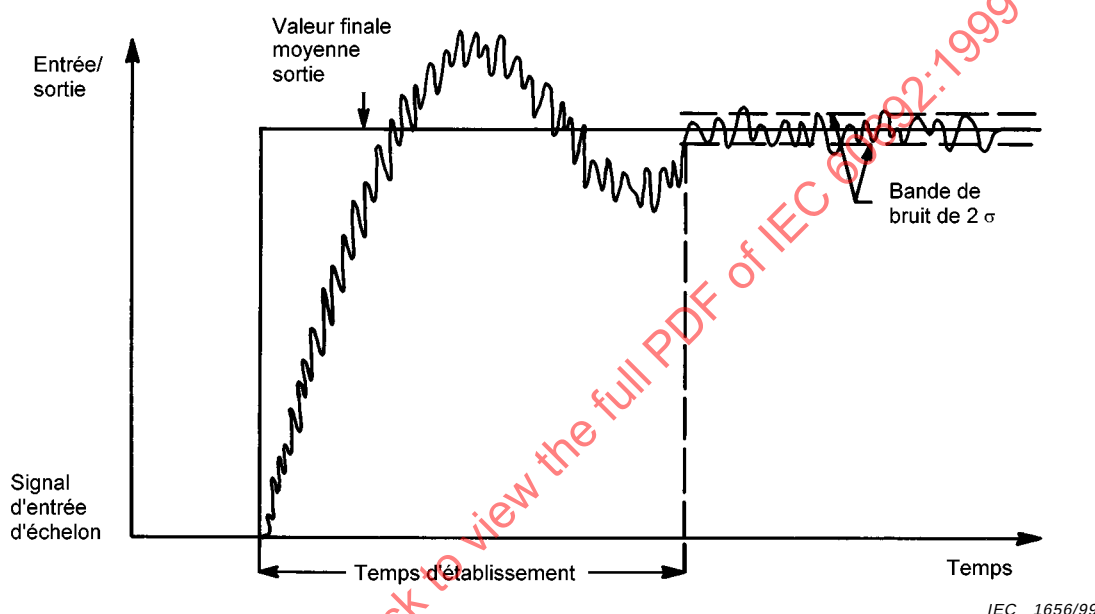


Figure 3 – Courbe de réponse de sortie

4.5 Temps de restitution

Le temps de restitution doit être déterminé par l'introduction d'une variation en échelon du matériau à mesurer et par l'observation de la réponse du système de mesure. Deux essais doivent être effectués: le premier en passant d'une densité nulle (absence de matériau mesuré) à une densité d'environ 10 % du domaine effectif de mesure; le second en passant d'une densité nulle à une densité d'environ 90 % du domaine effectif de mesure. La variation de densité peut être simulée (par exemple en utilisant une source de rayonnement auxiliaire et des absorbeurs solides pour irradier l'ensemble capteur de manière appropriée). Chaque essai doit être au moins effectué trois fois. Les temps nécessaires pour que les signaux de mesure atteignent et restent dans la bande de bruit statistique à $\pm 2 \sigma$ doivent être moyennés et enregistrés comme étant le temps de restitution dans chacun des deux cas.

Il est recommandé que le temps nécessaire pour introduire la variation en échelon du matériau à mesurer soit au moins 10 fois inférieur au temps de restitution du système, si ceci est réalisable.

4.6 Linéarité

L'erreur de linéarité peut être déterminée soit graphiquement, soit analytiquement à partir des données d'étalonnage comme illustré dans les définitions 3.3.13 et 3.3.19 et doit être exprimée en pourcentage positif ou négatif de la valeur absolue réelle ou en unités de la grandeur réellement mesurée (par exemple $\pm 0,001 \text{ g/cm}^3$). Pour tenir compte des fluctuations statistiques, la limite de $\pm 2 \sigma$ doit être exprimée. La méthode de détermination de la linéarité doit être explicitée par le constructeur (on utilise généralement l'analyse par régression linéaire).

The mean settling time for an increasing reading as well as a decreasing reading shall be measured.

The test is performed by quickly inserting and removing an absorber in the measuring gap which will result in a change of reading of approximately 50 % of the effective span.

The times required to produce the step changes shall be at least a factor of 10 less than the settling times anticipated to arise in normal use for the system being tested.

In the case where large ranges are covered by the instrument, the test shall be performed at more than one point of the effective range.

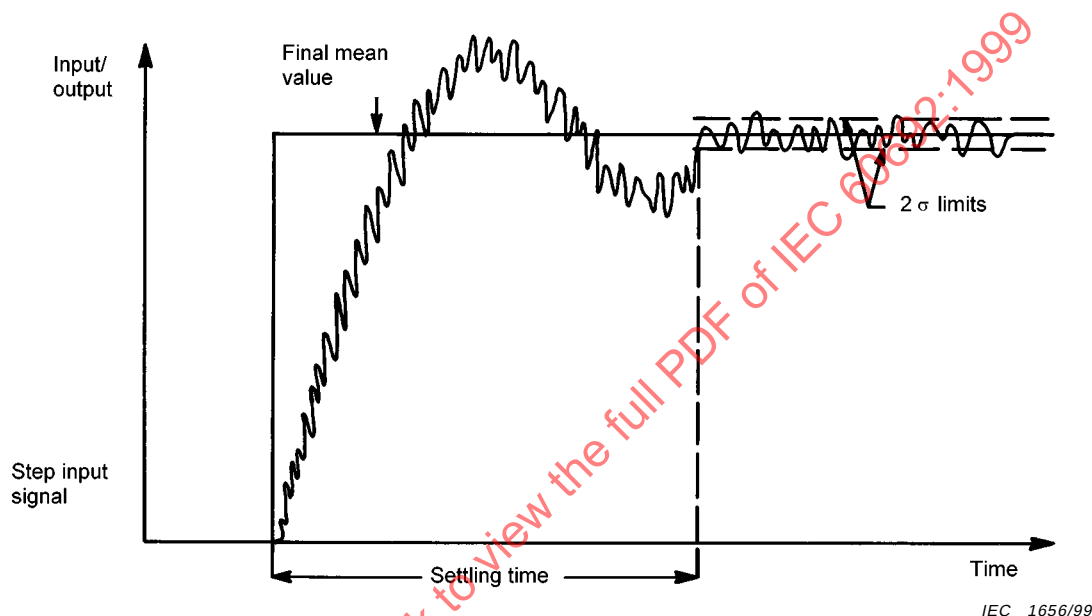


Figure 3 – Output response curve

4.5 Recovery time

The recovery time shall be determined by introducing a step change in measured material and observing the response of the measurement system. Two tests shall be conducted: one from zero density (no measured material) to a density of approximately 10 % of the effective range; the other from zero density to approximately 90 % of the effective range. The density change may be simulated (for example, by use of an auxiliary radiation source and solid absorbers to irradiate the detector assembly appropriately). Each test shall be conducted a minimum of three times. The times required for the measurement signals to reach and remain within the $\pm 2 \sigma$ statistical noise band shall be averaged and recorded as the recovery time for each case.

The time required to introduce the measured material step change should be at least a factor of 10 less than the system recovery time, if this can be achieved.

4.6 Linearity

The linearity may be determined either graphically or analytically from the calibration data as illustrated in the definitions 3.3.13 and 3.3.19 and shall be expressed as a positive or negative percentage of the absolute actual value or in actual measured value units (for example $\pm 0,001 \text{ g/cm}^3$). When expressed statistically, the $\pm 2 \sigma$ limit shall be stated. The method of determining linearity shall be specified by the manufacturer (regression analysis is normally used).

4.7 Essais spéciaux

Ce sont des essais particuliers fixés par accord entre l'utilisateur et le constructeur. Parmi les autres grandeurs d'influence qui peuvent être examinées, on peut citer les conditions de vibration, la corrosion, les effets des rayonnements solaires et les transitoires électriques. La variation de densité peut être simulée (par exemple par l'utilisation d'une source de rayonnements auxiliaire et d'absorbeurs solides pour irradier l'ensemble capteur de manière appropriée).

4.8 Variations de la tension d'alimentation

Pour mesurer les effets dus aux variations de la tension d'alimentation, deux essais doivent être effectués: l'un en augmentant la tension d'alimentation et l'autre en la réduisant à partir de sa valeur nominale selon la catégorie d'utilisation appropriée de l'annexe A pour l'application prévue.

Les mesures suivantes doivent être enregistrées dans chaque cas:

- a) pendant les premières minutes: la dérive maximale de la valeur indiquée ou fournie (comparée à la valeur précédant immédiatement la variation de tension d'alimentation);
- b) après 15 min: la dérive de la valeur indiquée ou fournie (comparée à la valeur précédant immédiatement la variation de tension d'alimentation).

4.9 Sensibilité au bruit externe

Le constructeur doit effectuer des essais pour déterminer les erreurs d'indication dues aux interférences provenant de sources de bruit externe d'une source électromagnétique ou de rayonnements à haute énergie. L'erreur doit être exprimée en unités de grandeur de mesure primaire ou en pourcentage de grandeur de mesure réelle pour chaque source de bruit spécifiée.

4.10 Essais portant sur la température ambiante

Les têtes de mesure doivent être essayées pour le domaine nominal III (voir l'annexe A) en les plaçant dans une enceinte climatique. Les niveaux de signal correspondant au rayonnement doivent être mesurés avec le système informatique d'acquisition de données ou avec le système de mesure de jauge complet. Le constructeur doit spécifier, au cas par cas, si d'autres parties de l'équipement sont également soumises à cet essai de température. Les essais doivent être effectués à des températures approximatives de -25°C , 0°C , 30°C , et 60°C , en restant à chaque température au moins pendant le temps nécessaire pour que le signal atteigne un état d'équilibre. Il est recommandé que les vitesses d'augmentation soient établies en fonction de l'équipement soumis aux essais et qu'un protocole soit établi par le constructeur. Les vitesses d'augmentation sont en général fixées au moins à 10°C par tranche de 5 min. Les niveaux de signal doivent être mesurés en permanence, même pendant les changements de température, pour évaluer les effets des gradients thermiques. Il convient que tous les réglages des paramètres climatique et que tous les capteurs de compensation soient opérationnels pendant les essais. Les signaux et les erreurs causés par la variation de température avant et après toute compensation doivent être enregistrés. Si d'autres températures sont appropriées pour l'équipement en cours d'essai, il convient que le constructeur le signale dans le rapport sur les résultats des essais en laboratoire.

Ces essais doivent être conduits au départ avec un rayonnement maximal (en l'absence d'échantillons) pour évaluer la stabilité de la température du dispositif mécanique de mesure de base. Les essais doivent être répétés avec un ou plusieurs échantillons représentant le domaine effectif de mesure. Lorsqu'on utilise des échantillons, il est nécessaire de tenir compte de la variation thermique de densité des échantillons aux températures d'essai.