

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60982

Première édition
First edition
1989-11

**Systèmes de mesure de niveau utilisant les
rayonnements ionisants avec signal de sortie
continu ou en mode tout-ou-rien**

**Level measuring systems
utilizing ionizing radiation with continuous
or switching output**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60982: 1989

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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**

60982

Première édition
First edition
1989-11

**Systèmes de mesure de niveau utilisant les
rayonnements ionisants avec signal de sortie
continu ou en mode tout-ou-rien**

**Level measuring systems
utilizing ionizing radiation with continuous
or switching output**

© IEC 1989 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	4
PREFACE	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Objet	6
3 Définitions	6
3.1 Définitions relatives à la méthode de mesure	6
3.1.1 Systèmes de mesure de niveau à base de rayonne- ments ionisants	6
3.1.2 Système de mesure de niveau à transmission	8
3.1.3 Système de mesure de niveau à rétrodiffusion	10
3.2 Définitions relatives à l'appareillage	12
3.2.1 Assemblage source	12
3.2.2 Assemblage détecteur	12
3.2.3 Tête de mesure	12
3.2.4 Appareil de mesure	12
3.2.5 Mécanisme de déplacement	12
3.2.6 Entrefer	12
3.2.7 Parcours total de mesure (systèmes à transmission) ..	14
3.2.8 Parcours d'atténuation (systèmes à transmission)	14
3.3 Définitions relatives aux propriétés spécifiques des appareils	14
3.3.1 Grandeur d'entrée	14
3.3.2 Valeurs limites de la grandeur d'entrée	16
3.3.3 Contraste	16
3.3.4 Résolution	16
3.3.5 Différence de commutation	16
3.3.6 Point de commutation	16
3.3.7 Définitions temporelles	18
3.3.8 Instabilité	20
3.3.9 Fiabilité statistique	20
3.3.10 Linéarité	20
3.3.11 Ecart dû au mouvement	22
4 Méthodes d'essais	22
4.1 Essais évaluant les qualités de fonctionnement des systèmes de mesure	22
4.1.1 Essai de type de l'appareil de mesure en laboratoire par simulation électronique ou par calcul	24
4.1.2 Essai de type du système de mesure grâce à une simulation du matériau à mesurer par absorbant	24
4.1.3 Essais sur site	28
4.2 Erreurs dues aux grandeurs relatives à l'application	28

CONTENTS

	Pages
FOREWORD	5
PREFACE	5
 Clause	
1 Scope	7
2 Object	7
3 Definitions	7
3.1 Definitions relating to the measuring method	7
3.1.1 Level measuring systems utilizing ionizing radiation	7
3.1.2 Transmission level measuring system	9
3.1.3 Backscattering level measuring system	11
3.2 Definitions relating to the apparatus	13
3.2.1 Source assembly	13
3.2.2 Detector assembly	13
3.2.3 Measuring head	13
3.2.4 Processing unit	13
3.2.5 Movement device	13
3.2.6 Air gap	13
3.2.7 Total measuring path (transmission systems)	15
3.2.8 Attenuation path (transmission systems)	15
3.3 Definitions relating to specific apparatus properties	15
3.3.1 Input quantity	15
3.3.2 Limit values of the input quantity	17
3.3.3 Contrast	17
3.3.4 Resolution	17
3.3.5 Switching difference	17
3.3.6 Switching point	17
3.3.7 Time behaviour	19
3.3.8 Instability	21
3.3.9 Statistical reliability	21
3.3.10 Linearity	21
3.3.11 Deviation due to movement	23
4 Test methods	23
4.1 Testing system performance	23
4.1.1 Type testing of the processing unit in the laboratory by electronic simulation or calculation	25
4.1.2 Type testing of the measuring system by simulation of the medium to be measured by using absorbers ..	25
4.1.3 On-site tests	29
4.2 Errors due to application-related quantities	29

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTEMES DE MESURE DE NIVEAU UTILISANT
LES RAYONNEMENTS IONISANTS AVEC SIGNAL DE SORTIE CONTINU
OU EN MODE TOUT-OU-RIEN

PREAMBULE

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

PREFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N°45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Elle remplace la Publication 346 de la CEI (1971).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
45(BC)194	45(BC)197

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n^{os} 50(391) (1975): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants.
- 359 (1987): Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques.
- 777 (1983): Terminologie, grandeurs et unités concernant la radioprotection.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

 LEVEL MEASURING SYSTEMS UTILIZING IONIZING RADIATION
 WITH CONTINUOUS OR SWITCHING OUTPUT

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 45: Nuclear instrumentation.

It replaces IEC Publication 346 (1971)

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

Six Months' Rule	Report on Voting
45(C0)194	45(C0)197

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 50(391) (1975): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 391: Detection and measurement of ionizing radiation by electric means.
- 359 (1987): Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment.
- 777 (1983): Terminology, quantities and units concerning radiation protection.
-

SYSTEMES DE MESURE DE NIVEAU UTILISANT LES RAYONNEMENTS IONISANTS AVEC SIGNAL DE SORTIE CONTINU OU EN MODE TOUT-OU-RIEN

1 Domaine d'application

La présente norme s'applique à tous les systèmes utilisant les rayonnements ionisants pour la mesure continue ou la détection du niveau de matériau dans des réservoirs. Ce matériau peut être un liquide ou un solide sous la forme de granules ou de poudre, et le signal de sortie peut être soit continu, soit à action tout-ou-rien. Les aspects de la sécurité sont couverts par d'autres normes de la CEI et de l'ISO.

2 Objet

Les systèmes couverts par la présente norme sont généralement construits pour des utilisations industrielles couvrant une très grande gamme d'industries, d'applications et de spécialisations. Le but est de définir les variables et les paramètres communs, et de spécifier les tests normalisés qui faciliteront la comparaison directe des caractéristiques concernant les performances des différents systèmes de mesure disponibles.

Ces systèmes peuvent fonctionner avec une sortie soit en mode continu, soit en mode tout-ou-rien.

Le traitement du signal de ces systèmes de mesure peut être analogique ou numérique ou une combinaison des deux.

3 Définitions

Seuls les termes nécessaires au contexte de la présente norme sont définis ci-après.

Pour les définitions générales relatives aux techniques de mesure et aux appareils de mesure, se reporter à la CEI 359 et aux autres normes appropriées. Cela s'applique également aux définitions relatives aux rayonnements, voir par exemple la CEI 777.

3.1 Définitions relatives à la méthode de mesure

3.1.1 Systèmes de mesure de niveau à base de rayonnements ionisants

Un système de mesure de niveau à base de rayonnements ionisants est un ensemble de mesure comprenant une source de rayonnement ionisant, et est conçu pour mesurer le niveau dans une configuration définie sans être en contact avec le matériau.

LEVEL MEASURING SYSTEMS UTILIZING IONIZING RADIATION WITH CONTINUOUS OR SWITCHING OUTPUT

1 Scope

This standard applies to all systems which utilize ionizing radiation for continuous measurement or detection of the level of materials in vessels. The process material may be a liquid or a solid in the form of grains or powder and the output signal may be either continuous or switched. Safety aspects are covered in other IEC and ISO standards.

2 Object

The systems covered by this standard are generally built for industrial applications covering a very broad range of industries, applications and specifications. The aim is to define the common parameters and variables and to specify standard tests which will facilitate direct comparison of the performance characteristics of the different measurement systems which are available.

These systems may be operated either in a continuous output mode or a switching output mode. Systems with switching outputs are often called on-off systems.

The signal processing for these measuring systems may be analogue, digital or a combination of both.

3 Definitions

Only terms needed in context with this standard are defined.

For general definitions relating to measuring techniques and measuring apparatus, see IEC 359 and other appropriate standards. This also applies to definitions in the field of radiation, e.g. IEC 777.

3.1 *Definitions relating to the measuring method*

3.1.1 *Level measuring systems utilizing ionizing radiation*

A level measuring system utilizing ionizing radiation is a measuring assembly that includes an ionizing radiation source and is designed to measure levels within a defined configuration by non-contacting means.

3.1.2 Système de mesure de niveau à transmission

Un système de mesure de niveau à transmission est un ensemble où la source de rayonnements et le détecteur de rayonnements sont l'un en face de l'autre. La quantité de rayonnements transmis à travers le matériau à mesurer est utilisée pour déterminer le niveau du matériau entre la source et le détecteur.

Des exemples typiques sont illustrés dans les figures 1 à 5.

La source de rayonnements et le détecteur de rayonnements peuvent être externes au réservoir, ou bien la source ou le détecteur peuvent être insérés dans un puits dans le réservoir.

a) Détection de niveau

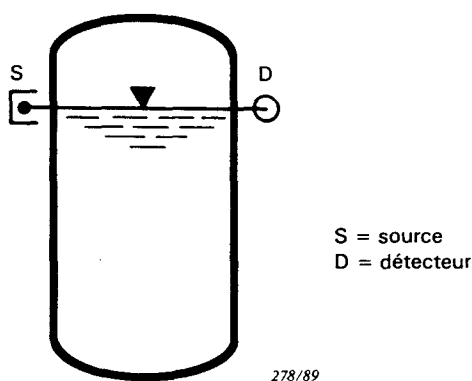


Figure 1 - Source ponctuelle et détecteur ponctuel

b) Mesure continue de niveau

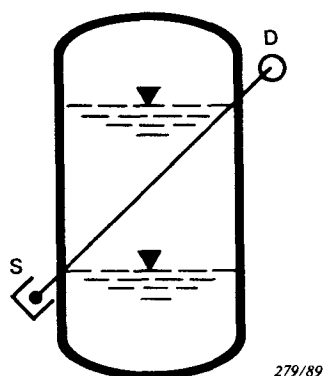


Figure 2 - Source ponctuelle et détecteur ponctuel

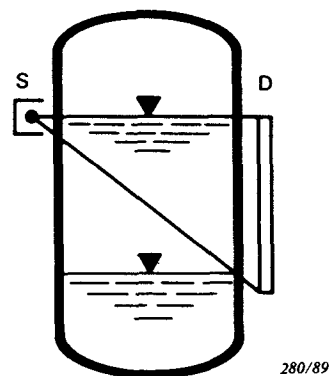


Figure 3 - Source ponctuelle et détecteur allongé

3.1.2 Transmission level measuring system

A transmission level measuring system is an assembly wherein a radiation source and a radiation detector are placed opposite each other. The amount of radiation transmitted through the material being measured is used to determine the level of material between the source and the detector.

Typical examples are illustrated in Figures 1 to 5.

The radiation source and radiation detector may be external to the container or the source or the detector may be inserted into a well in the container.

a) Level limit monitoring

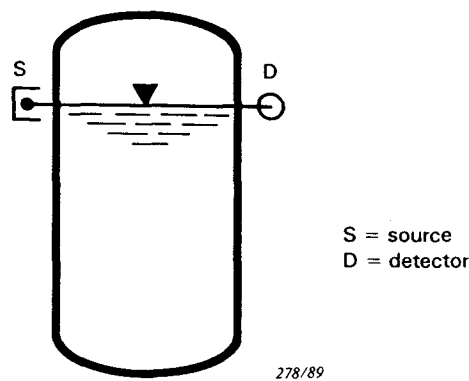


Figure 1 - Point source and point detector

b) Continuous level measurement

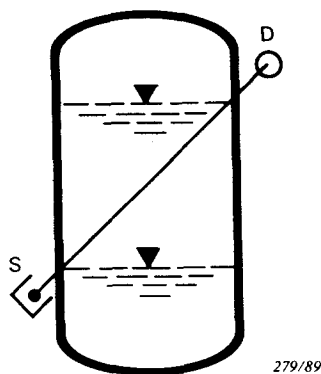


Figure 2 - Point source and point detector

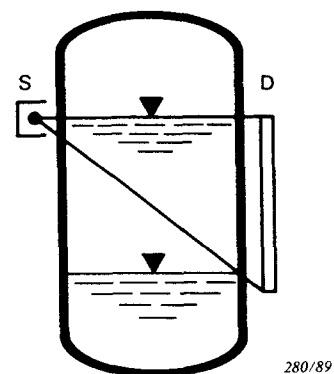
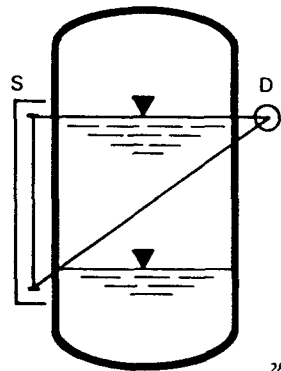
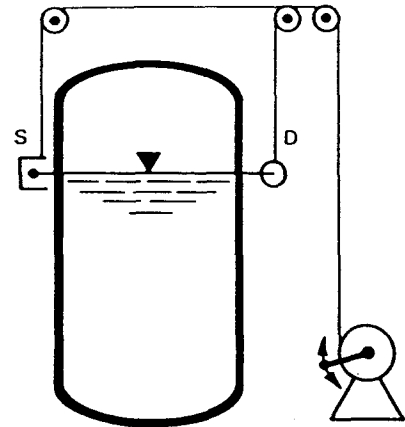


Figure 3 - Point source and line detector



281/89

Figure 4 - Source allongée et détecteur ponctuel



282/89

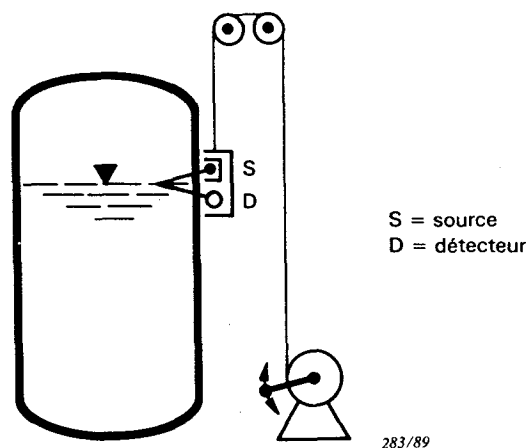
Figure 5 - Source ponctuelle et détecteur ponctuel, suivant le niveau de façon continue

3.1.3 Système de mesure de niveau à rétrodiffusion

Un système de mesure à rétrodiffusion est un ensemble où la source de rayonnements et le détecteur sont placés du même côté. Le rayonnement rétrodiffusé par le matériau à mesurer est utilisé pour déterminer le niveau du matériau à l'intérieur du réservoir.

Dans un système de mesure continue du niveau, la source et le détecteur suivent le niveau du matériau. Pour les mesures limites de niveau, la source et le détecteur sont montés en position fixe.

Un exemple typique est illustré par la figure 6.



283/89

Figure 6 - Source et détecteur dans une tête de mesure à rétrodiffusion suivant le niveau

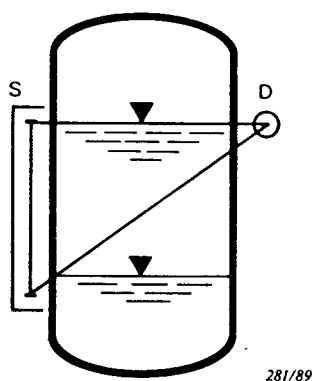


Figure 4 - Line source and point detector

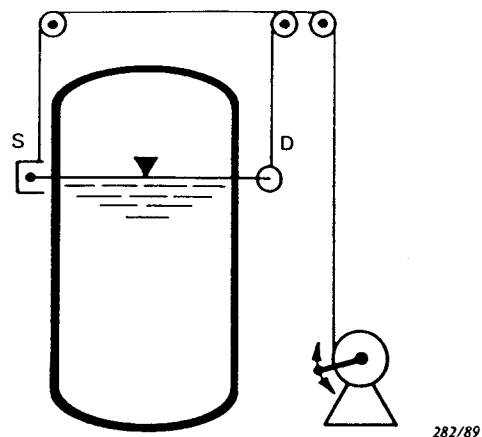


Figure 5 - Point source and point detector continuously following the level

3.1.3 Backscattering level measuring system

A backscattering level measuring system is an assembly in which a radiation source and detector are placed on the same side of the material being measured. The radiation backscattered by the material being measured is used to determine the level of material within the vessel.

In a continuous measuring system the radiation source and the detector follow the level of the material. For level limit measurements, the source and detector are mounted in a fixed position.

A typical example is illustrated in Figure 6.

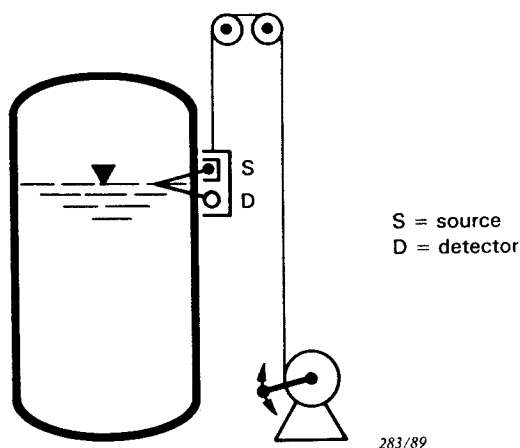


Figure 6 - Source and detector in backscattering measuring head following the level

3.2 Définitions relatives à l'appareillage

3.2.1 Assemblage source

L'assemblage source consiste en une source radioactive sous forme scellée, un porte-source et un boîtier source. Il comporte aussi habituellement un obturateur.

L'assemblage source peut être un bloc mécanique comprenant l'assemblage détecteur (3.2.2), notamment dans le cas de mesure à rétrodiffusion (3.1.3). Le radionucléide et l'activité de la source doivent être déterminés individuellement pour chaque application. Les variables qui devront être prises en considération pour cette détermination incluent, de manière non exhaustive, la configuration du réservoir, les coefficients d'atténuation du rayonnement, la densité du matériau mesuré, la sensibilité du détecteur, la durée de vie souhaitée du système et le rapport signal sur bruit nécessaire pour l'application.

3.2.2 Assemblage détecteur

L'assemblage détecteur consiste en un ou plusieurs détecteurs et une éventuelle électronique associée. L'assemblage détecteur peut être dans le même bloc mécanique que l'assemblage source (3.2.1), notamment dans le cas de la mesure à rétrodiffusion (3.1.3).

3.2.3 Tête de mesure

La combinaison de l'assemblage source et de l'assemblage détecteur peut également être appelé tête de mesure.

3.2.4 Appareil de mesure

L'appareil de mesure est un dispositif électronique qui fournit les alimentations nécessaires, traite les signaux issus du détecteur et délivre les signaux de sortie.

3.2.5 Mécanisme de déplacement

Un mécanisme de déplacement est un dispositif qui permet de déplacer la tête de mesure le long du réservoir sur l'étendue de niveau à mesurer. Le mécanisme du déplacement est associé à d'autres composants afin que tout le système de mesure puisse suivre le niveau.

Note.- Comme ces mécanismes de déplacement dépendent de grandeurs non radiologiques, ils ne sont donc pas traités dans cette norme.

3.2.6 Entrefer

L'entrefer est la distance entre l'extérieur de la paroi du réservoir et la surface de la tête de mesure (ou de l'assemblage source ou de l'assemblage détecteur). Voir la figure 7.

3.2 Definitions relating to the apparatus

3.2.1 Source assembly

The source assembly consists of a sealed radioactive source, a source holder and a source housing. It usually also includes a shutter mechanism.

The source assembly may be in one compact mechanical unit with the detector assembly (3.2.2), especially in the case of the backscattering method (3.1.3). The radionuclide and activity of the source shall be determined individually for each application. Variables which should be considered in this determination include, but are not limited to: the configuration of the vessel, radiation attenuation coefficients, density of the measured medium, sensitivity of the detector, expected lifetime of the system and the signal-to-noise ratio required for the application.

3.2.2 Detector assembly

The detector assembly consists of one or more detectors and possibly associated electronic circuits. The detector assembly may be in one compact mechanical unit with the source assembly (3.2.1), especially in the case of a backscattering system (3.1.3).

3.2.3 Measuring head

The combination of a source assembly and a detector assembly may also be called a measuring head.

3.2.4 Processing unit

The processing unit is an electronic device which supplies the necessary power, processes the signals delivered by the detector and delivers the output signals.

3.2.5 Movement device

The movement device is a device to move the measuring head along the vessel over the level range to be measured. The movement device is combined with the other components so that the whole measuring system tracks the level.

Note.- The position quantities for movement devices are derived from non-radiological quantities and, therefore, these quantities are not dealt with in this standard.

3.2.6 Air Gap

The air gap is the distance between the outside of a vessel wall and the face of the measuring head (or the source assembly or the detector assembly). See Figure 7.

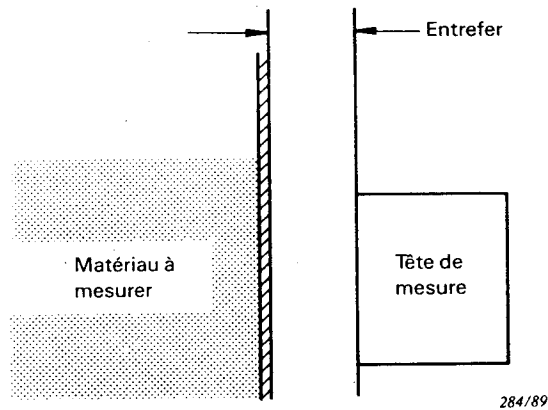


Figure 7 - Entrefer

3.2.7 Parcours total de mesure (systèmes à transmission)

Le parcours total de mesure est la distance " a " entre les centres de la source et du volume sensible du détecteur. Voir la figure 8.

3.2.8 Parcours d'atténuation (systèmes à transmission)

Le parcours d'atténuation " d " est la distance traversée par le rayonnement dans le matériau. Voir la figure 8.

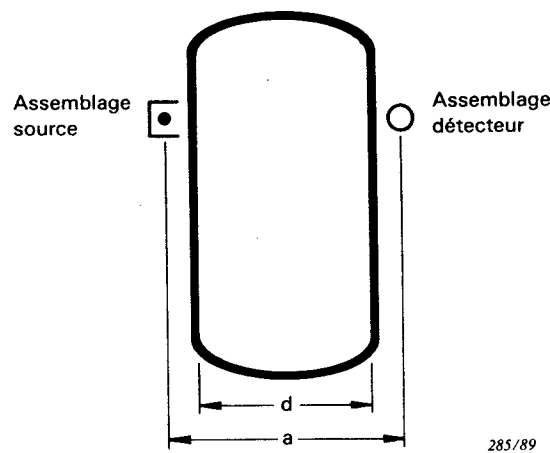


Figure 8 - Parcours total de mesure et parcours d'atténuation pour le cas de la détection de niveau de la figure 1.

3.3 Définitions relatives aux propriétés spécifiques des appareils

3.3.1 Grandeur d'entrée

La grandeur d'entrée, qui représente le rayonnement entrant dans le détecteur, est appelée I dans cette norme. La nature statistique de ce rayonnement doit être prise en compte.

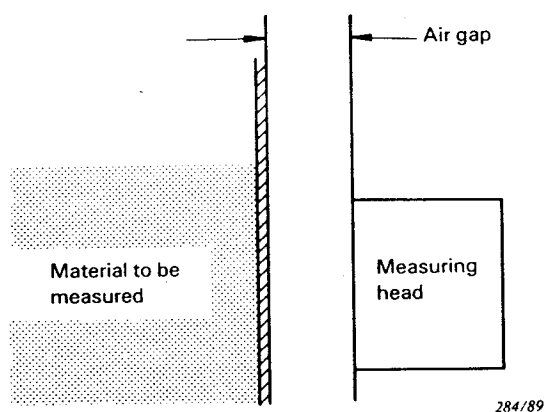


Figure 7 - Illustration of air gap

3.2.7 Total measuring path (transmission systems)

The total measuring path is the distance " a " between the centres of the source and of the sensitive volume of the detector. See Figure 8.

3.2.8 Attenuation path (transmission systems)

The attenuation path " d " is the path length through the irradiated material. See Figure 8.

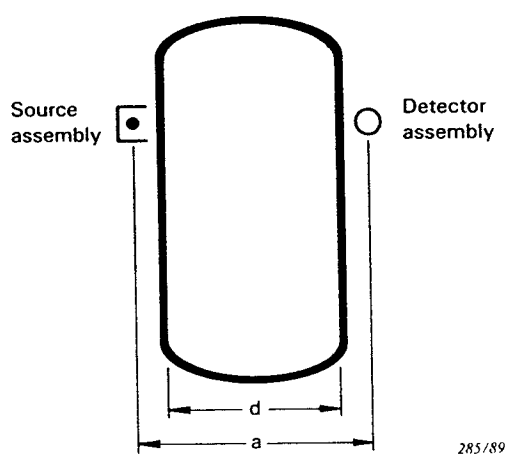


Figure 8 - Total measuring path and attenuation path for level limit monitoring case of Figure 1.

3.3 Definitions relating to specific apparatus properties

3.3.1 Input quantity

The radiometric quantity, which represents the input quantity to the detector, is designated I in this standard. The statistical nature of this radiation shall be taken into account.

3.3.2 Valeurs limites de la grandeur d'entrée

- a) I_o est la valeur de la grandeur d'entrée correspondant à la position obturateur fermé.
- b) I_p est la valeur maximale de la grandeur d'entrée pouvant être mesurée correctement.
- c) I_a est la valeur de la grandeur d'entrée quand le niveau du matériau est sous le niveau détectable (par exemple quand le réservoir est vide).
- d) I_b est la valeur de la grandeur d'entrée quand le niveau du matériau est au-dessus du niveau maximal détectable (par exemple quand le réservoir est plein).

Note. - Pour les systèmes à transmission $I_p > I_a > I_b > I_o$ et pour les systèmes à rétrodiffusion $I_p > I_b > I_a > I_o$.

3.3.3 Contraste

Le contraste est le rapport I_a/I_b pour les systèmes à transmission et le rapport I_b/I_a pour les systèmes à rétrodiffusion.

La valeur du contraste est nécessaire pour définir la commutation correcte des instruments de mesure en mode tout-ou-rien.

3.3.4 Résolution

ΔI est la variation minimale de la grandeur d'entrée permettant une variation détectable du signal de sortie.

ΔI correspond à la plus petite variation du niveau ΔL mesurable. Ce n'est pas une valeur constante pour tous les systèmes de mesure, mais elle dépend de l'application. Il convient de calculer la valeur ΔL selon les paramètres de l'application spécifique.

3.3.5 Différence de commutation (systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien)

La différence de commutation est la plus petite variation de la grandeur d'entrée correspondant à une commutation fiable. Elle représente la variation minimale de niveau mesurable qui n'est pas une valeur constante pour tous les systèmes de mesure. Elle dépend des paramètres de l'application spécifique.

3.3.6 Point de commutation (systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien)

Le point de commutation est la valeur seuil de la grandeur d'entrée correspondant à un changement d'état de la sortie tout-ou-rien. La valeur de ce seuil est normalement différente selon que l'on aille de la condition "tout vers rien" ou "rien vers tout".

3.3.2 *Limit values of the input quantity*

- a) I_o is the value of the input quantity to the detector corresponding to the shutter closed condition.
- b) I_p is the maximum value of the input quantity which can be correctly evaluated.
- c) I_a is the value of the input quantity when the material level is below a detectable level (e.g. when the vessel is empty).
- d) I_b is the value of the input quantity when the material level is above a maximum detectable level (e.g. when the vessel is full).

Note.- $I_p > I_a > I_b > I_o$ for transmission systems and for backscattering systems $I_p > I_b > I_a > I_o$.

3.3.3 *Contrast*

Contrast is the ratio I_a/I_b for transmission systems and I_b/I_a for backscattering systems.

The contrast value is needed to define the reliable switching of measuring instruments with switching output.

3.3.4 *Resolution*

ΔI is the minimum input quantity change which results in a detectable output signal change.

ΔI corresponds to the lowest level change ΔL . This is not a fixed value for any given measuring system but is application dependent. The value of ΔL should be calculated for the specific application parameters.

3.3.5 *Switching difference (measuring systems with switching output)*

The switching difference is the smallest input quantity change for reliable switching. It corresponds to the minimum level change and is not a fixed value for any given measuring system. It depends on the specific application parameters.

3.3.6 *Switching point (measuring systems with switching output)*

The switching point is the threshold value of the input quantity where the switching output changes state. The value of this threshold will normally be different in going from the ON-to-OFF condition as compared to the reverse condition of OFF-to-ON.

3.3.7 Définitions temporelles

- a) *Constante de temps* (systèmes de mesure avec traitement analogique du signal)

Temps moyen après une variation échelon de la grandeur d'entrée pour que le signal de sortie atteigne $(1-1/e) \cdot 100 = 63,2\%$ de sa valeur moyenne finale, en tenant compte de la nature statistique du signal.

- b) *Temps d'échantillonnage* (systèmes de mesure avec traitement numérique du signal)

Intervalle de temps pendant lequel l'information de la grandeur d'entrée est acquise pour être convertie en une valeur numérique unique.

- c) *Temps d'intégration* (systèmes de mesure avec traitement numérique du signal)

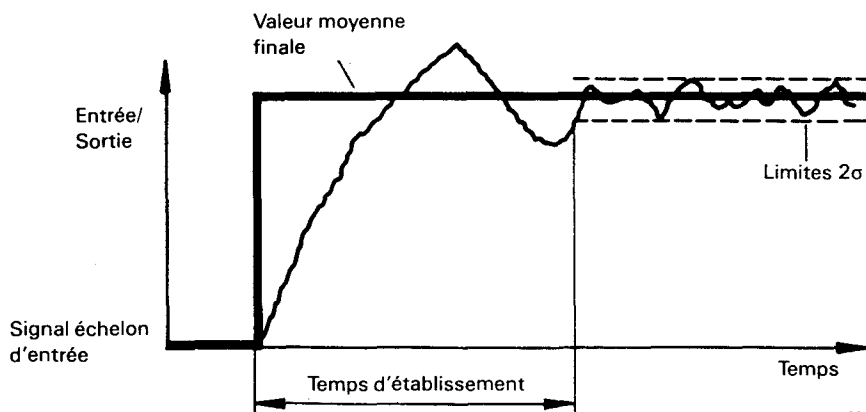
Intervalle minimal (exprimé normalement en un multiple de temps d'échantillonnage) pendant lequel les valeurs de la grandeur à mesurer sont moyennées selon une méthode particulière (par exemple moyenne glissante). Ces valeurs peuvent déjà représenter des moyennes des grandeurs d'entrée à mesurer.

- d) *Temps moyen d'établissement* (systèmes de mesure avec traitements analogique et numérique du signal)

Temps moyen minimal après une variation échelon définie de la grandeur d'entrée pour que le signal de sortie atteigne et reste à sa valeur moyenne finale dans la bande de bruit statistique à ± 2 écarts types σ . Voir la figure 9. (VEI 391-15-05 modifié.)

- e) *Temps de commutation* (systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien)

Temps moyen après une variation échelon de la grandeur d'entrée pour que la sortie commute.



286/89

Figure 9 - Temps moyen d'établissement

3.3.7 Time behaviour

a) Time constant (measuring systems with analog signal processing)

The mean time after a step variation of the input quantity until the output signal reaches $(1-1/e) \cdot 100 = 63.2\%$ of its final mean value, due regard being given to the statistical nature of the signal.

b) Sampling time (measuring systems with digital signal processing)

The time interval during which information for the input quantity is collected to be converted into a single digital value.

c) Averaging time (measuring systems with digital signal processing)

The minimum time interval (normally in terms of the sampling time) over which the values of the quantity to be measured are averaged in a specified manner (e.g. sliding averaging). These values may already represent time averages of the quantity to be measured.

d) Mean settling time (measuring systems with analog and digital signal processing)

The mean minimum time after a defined step variation of the input quantity until the output signal reaches and remains within the noise band $\pm 2\sigma$ of its final mean value. See Figure 9. (IEV 391-15-05 modified.)

e) Switching time (measuring systems with switching output)

The mean time after a step variation of the input quantity until the output switches.

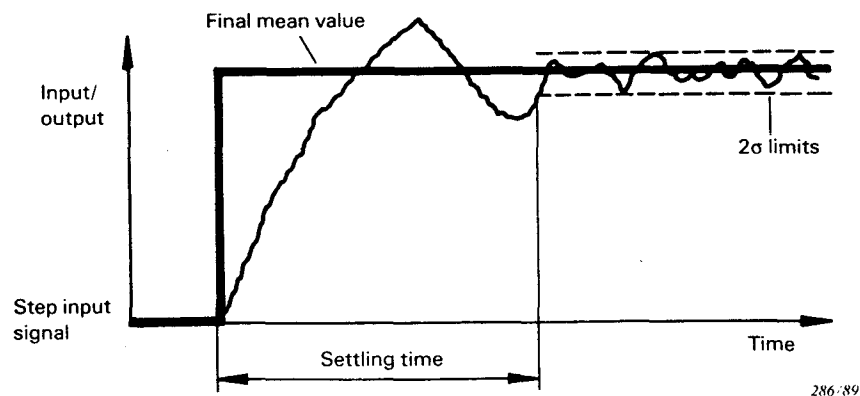


Figure 9 - Mean settling time

3.3.8 *Instabilité*

L'instabilité est la variation du signal de sortie pendant un temps donné, toutes les grandeurs d'influence restant constantes par ailleurs; la grandeur à mesurer doit être dans l'étendue de mesure et rester constante.

L'instabilité est créée par:

a) *Fluctuations statistiques du rayonnement*

Les fluctuations statistiques sont définies comme étant ± 2 écarts types σ autour de la valeur moyenne du signal de sortie, en excluant toute dérive du détecteur irradié.

b) *Instabilité du système entier de mesure*

Cette instabilité est causée par toutes les autres influences, en excluant les fluctuations statistiques et sans compter la décroissance radioactive de la source. Sauf indication contraire, la dérive est exprimée comme étant la variation maximale du signal de sortie comparée à sa valeur initiale, en fonction du temps.

Une distinction est faite entre dérive à long terme et dérive à court terme comme suit:

- *Dérive à long terme*

Dérive observée sur des périodes allant de 1 jour à 1 an, excluant toute dérive créée par des influences extérieures telles que corrosion ou usure, ou accumulation de matériau sur les parois du tuyau ou du réservoir.

- *Dérive à court terme*

Dérive sur des périodes inférieures à 1 jour.

c) *Instabilité due à la décroissance radioactive de la source*

Erreurs dues à la décroissance radioactive de la source et à un éventuel circuit de compensation.

3.3.9 *Fiabilité statistique (systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien)*

Probabilité d'une commutation incorrecte due à la nature statistique de l'émission radioactive quand le niveau du matériau mesuré est proche du point de commutation. Cela dépendra normalement de la position du point de commutation dans la plage de la grandeur d'entrée $I_a \dots I_b$.

3.3.10 *Linéarité*

La linéarité indique la différence entre la courbe réelle de calibration du système de mesure et une courbe linéaire de réponse. Voir la figure 10.

Note. - Généralement on mesure une non-linéarité, mais on l'exprime comme une linéarité. Elle correspond à l'écart maximal ou moyen entre la courbe et la ligne droite. Sauf indication contraire, elle se réfère à la valeur finale.

3.3.8 *Instability*

Instability is the variation in the output signal during a specified time, all other quantities remaining constant; the measuring quantity shall be within the measuring range and remain constant.

Instability is caused by:

a) *Statistical fluctuations of the ionizing radiation*

Statistical fluctuation is defined as $\pm 2\sigma$ of the mean value of the output signal, excluding any drift of the irradiated detector.

b) *Instability of the entire measuring system*

Instability of the entire measuring system is caused by all influences together, excluding drift arising from the statistical nature of ionizing radiation and without taking into account source decay. If not otherwise stated, the drift is expressed as the maximum change in output signal compared to the initial output signal as a function of time.

A distinction is drawn between long-term and short-term drift as follows:

- *Long-term drift*

Long-term drift is defined as the drift observed in periods of 1 day up to 1 year, excluding drift caused by extraneous factors such as corrosion, vessel or pipe wear, or build-up of material on the pipe or vessel wall.

- *Short-term drift*

Short-term drift is defined as drift in periods of less than 1 day.

c) *Instability due to source decay*

Errors due to source decay and errors due to a possible compensation circuit.

3.3.9 *Statistical reliability (measuring systems with switching output)*

The probability of a faulty switching due to the statistical nature of radioactive decay when the measured material level is in the proximity of the switching point. This will normally be dependent upon the location of the switching point within the input quantity range $I_a \dots I_b$.

3.3.10 *Linearity*

The closeness to which the actual calibration curve of a measuring system approximates a straight line. See Figure 10.

Note. - Generally speaking, non-linearity is measured and expressed as linearity. It is stated as a maximum or mean deviation of the curve from the straight line. If not otherwise stated, the deviation is related to the final value.

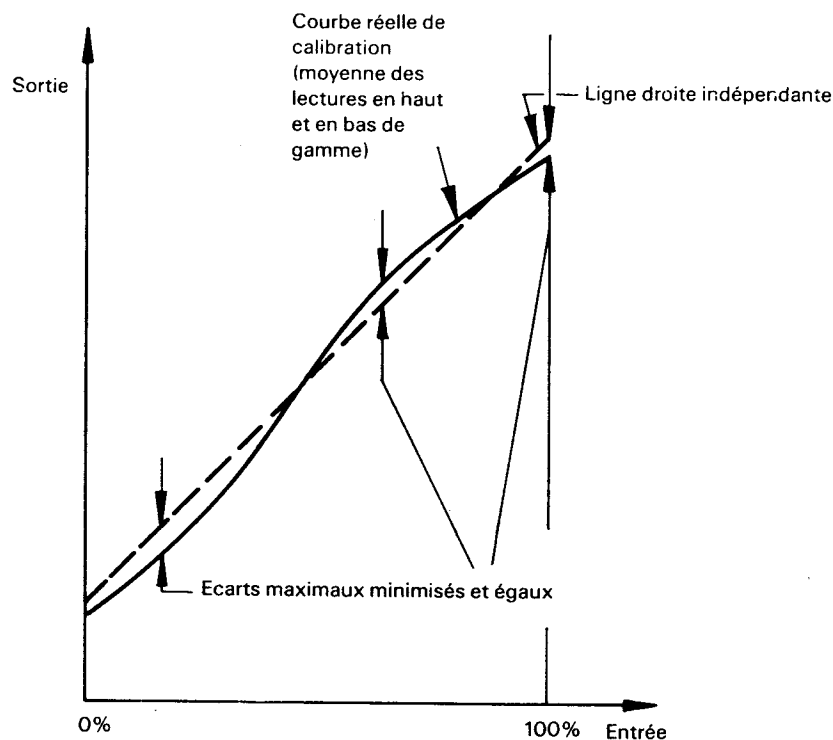


Figure 10 - Linéarité

3.3.11 *Ecart dû au mouvement (systèmes de mesure, suivant le niveau de façon continue)*

L'écart dû au mouvement est l'erreur causée par le déplacement de la tête de mesure le long du matériau à mesurer.

4 Méthodes d'essais

Les paragraphes suivants décrivent les méthodes d'essais pour évaluer les qualités de fonctionnement des appareils relatives à l'utilisation des rayonnements ionisants.

Les essais destinés à déterminer les limites d'erreur provenant d'autres grandeurs d'influence (par exemple alimentation secteur, température, etc.) doivent être établies en accord avec la CEI 359.

Il y a lieu de présenter le résultat des essais dans le même ordre que les méthodes d'essais de cette norme ou de la CEI 359 pour faciliter la comparaison.

4.1 *Essais évaluant les qualités de fonctionnement des systèmes de mesure*

Les qualités des systèmes de mesure peuvent être testées selon trois catégories:

- a) essai de type de l'appareil de mesure en laboratoire par simulation électronique ou par calcul;

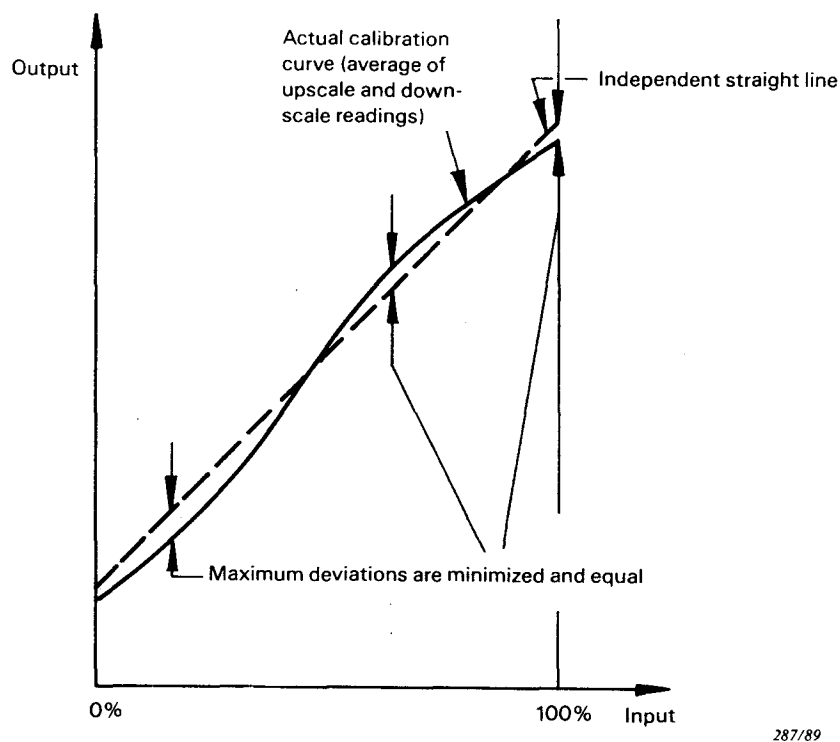


Figure 10 - Linearity

3.3.11 Deviation due to movement (for continuously-following type measuring systems)

The deviation due to movement is the error caused by the movement of the measuring head over the range of the material being measured.

4 Test methods

The following sub-clauses describe test methods for evaluating measurement performance relating to the use of ionizing radiation.

Tests to determine error limits arising from other influence quantities (e.g. main supply voltage, temperature, etc.) shall be conducted in accordance with IEC 359.

Test results should be documented in the same order as the test methods of this standard or of IEC 359 for ease of comparison.

4.1 Testing system performance

The system performance may be tested under three categories:

- a) type testing of the processing unit in the laboratory by electronic simulation or calculation;

- b) essai de type du système de mesure grâce à une simulation du matériau à mesurer par absorbant; et
- c) essai individuel de chaque système de mesure dans son application.

4.1.1 *Essai de type de l'appareil de mesure en laboratoire par simulation électronique ou par calcul*

4.1.1.1 *Constante de temps (systèmes de mesure avec traitement analogique du signal)*

En utilisant un enregistreur, un oscilloscope ou tout autre instrument convenable, effectuer un minimum de trois enregistrements ou photographies après une variation échelon de la grandeur à mesurer, et déterminer le temps nécessaire pour atteindre (pour la première fois) $(1-1/e) \cdot 100 = 63,2\%$ de la valeur moyenne finale du signal de sortie.

Cette variation échelon doit être réalisée en moins d'un dixième de la constante de temps.

4.1.1.2 *Temps d'échantillonnage (systèmes de mesure avec traitement numérique du signal)*

Le temps d'échantillonnage correspond à l'intervalle de temps (entre deux impulsions de synchronisation) spécifié par le fabricant. Il doit être déterminé par l'emploi d'un instrument adapté.

4.1.1.3 *Points de commutation (essai des systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien)*

En simulant le signal d'entrée I , des valeurs préchoisies pour des niveaux montants ou descendants peuvent être testées.

4.1.1.4 *Dérive*

Simuler un signal d'entrée constant et enregistrer le signal de sortie pendant un temps déterminé. Pour les systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien, déterminer l'écart pour des points de commutation et la différence de commutation pendant un temps déterminé. Les dérives à court terme et à long terme doivent être déterminées.

4.1.2 *Essai de type du système de mesure grâce à une simulation du matériau à mesurer par absorbant*

4.1.2.1 *Constante de temps*

En utilisant un enregistreur, un oscilloscope ou tout autre instrument convenable, effectuer au minimum trois enregistrements ou photographies après une variation échelon de la grandeur à mesurer. Cette variation échelon doit être simulée en partant d'une grandeur d'entrée I_a et en introduisant un absorbant entre la source et le détecteur qui crée une atténuation de 75% et ramène la grandeur d'entrée à $0,25 I_a$. L'absorbant doit être introduit en moins d'un dixième de la constante de temps. La valeur de I_a doit être spécifiée. Déterminer le temps nécessaire pour atteindre $(1-1/e) \cdot 100 = 63,2\%$ de la valeur moyenne finale du signal de sortie pour la première fois.

- b) type testing of the measuring system by simulation of the medium to be measured by using absorbers; and
- c) piece testing of the measuring system in the application.

4.1.1 *Type testing of the processing unit in the laboratory by electronic simulation or calculation*

4.1.1.1 *Time constant (measuring systems with analog signal processing)*

Using a recorder, an oscilloscope or another suitable instrument take a minimum of three recordings or photographs after a step variation in the measuring quantity and determine the time required for each measurement to reach (for the first time) $(1-1/e) \cdot 100 = 63,2\%$ of the final mean output signal.

The step variation shall occur in less than one-tenth of the time constant.

4.1.1.2 *Sampling time (measuring systems with digital signal processing)*

The sampling time corresponds to the time interval of clock pulses specified by the manufacturer. It is to be determined by means of a suitable instrument.

4.1.1.3 *Switching points (test for measuring systems with switching output)*

By simulation of the input signal I , preselected switching points for rising or falling levels can be tested.

4.1.1.4 *Drift*

Simulate a constant input signal and record the output signal for a specified time. For measuring systems with switching output, determine the deviation of the preselected switching points and the switching difference for a specified time. The short-term and long-term drift shall be determined.

4.1.2 *Type testing of the measuring system by simulation of the medium to be measured by using absorbers*

4.1.2.1 *Time constant*

Using a recorder, an oscilloscope or another suitable instrument take a minimum of three recordings or photographs after a step variation of the quantity to be measured. This step variation is to be simulated by starting with an input quantity I_a and introducing an absorber between the source and the detector which causes an attenuation of 75% and changes the input quantity to $0.25 I_a$. The absorber shall be introduced in less than one-tenth of the time constant. The value of I_a shall be stated. Determine the time required to reach $(1-1/e) \cdot 100 = 63.2\%$ of the final mean output signal for the first time.

4.1.2.2 *Temps moyen d'établissement (systèmes de mesure avec traitement analogique ou numérique du signal)*

En partant de I_a , simuler une variation échelon; un absorbant est introduit entre la source et le détecteur créant une absorption d'environ 75%. L'absorbant doit être introduit en moins d'un dixième du temps d'établissement. La valeur de I_a doit être notée. Pour mesurer le temps d'établissement dans l'autre sens, l'absorbant doit être retiré dans les mêmes conditions.

Pour chaque mesure, déterminer le temps nécessaire au signal de sortie pour atteindre et rester à sa valeur moyenne finale dans la bande de bruit ± 2 écarts types σ . Le temps moyen d'établissement doit être établi à l'aide des temps moyens individuels. Pour les systèmes de mesure avec traitement numérique du signal, il convient que cette spécification soit donnée en complément en tant que multiple du temps d'échantillonnage.

4.1.2.3 *Temps de commutation (systèmes de mesure avec sortie à action tout-ou-rien)*

En partant de I_a , présélectionner un point de commutation à $0,5 I_a$. Un absorbant est introduit entre la source et le détecteur qui crée une atténuation de 75% et ramène la grandeur d'entrée à $0,25 I_a$, croisant ainsi le point de commutation de l'état de sortie.

L'absorbant doit être introduit en moins d'un dixième du temps de commutation. Enregistrer I_a et l'état de commutation de la sortie et déterminer le temps de commutation.

Répéter l'essai en retirant l'absorbant pour que la grandeur d'entrée croise le point de commutation en sens opposé. Enregistrer l'état de commutation de la sortie et déterminer le temps de commutation.

4.1.2.4 *Dérive*

Simuler un niveau constant du matériau à mesurer en plaçant un absorbant entre la source et le détecteur afin de créer une atténuation d'environ 75% qui établit la grandeur d'entrée à $0,25 I_a$. Enregistrer le signal de sortie pendant un temps suffisant pour déterminer les dérives à court et long termes du système de mesure. La valeur de I_a doit aussi être spécifiée.

4.1.2.5 *Instabilité résultante des fluctuations statistiques et de la décroissance radioactive*

L'instabilité résultante des fluctuations statistiques est déterminée de la façon suivante: pour une grandeur d'entrée donnée I_a , le signal de sortie est mesuré et enregistré graphiquement.

Sa détermination mathématique est dépendante du traitement de signal effectué par le système; la méthode de calcul doit être établie par le fabricant.

L'effet de la décroissance radioactive doit être établi par le fabricant.

4.1.2.2 *Mean settling time (measuring systems with analog or digital signal processing)*

Starting from I_a a step signal variation is to be simulated; an absorber is introduced between the source and the detector which produces an attenuation of about 75%. The absorber shall be introduced in less than one-tenth of the settling time. The value of I_a shall be stated. To measure the settling time in the other direction, the absorber shall be removed under the same conditions.

For each measurement, determine the time it takes the output signal to reach and remain at the final mean value of the $\pm 2\sigma$ noise band. The mean settling time shall be stated as the mean of the individual mean times. For measuring systems with digital signal processing, this specification should be given in addition as a multiple of the sampling time.

4.1.2.3 *Switching time (measuring systems with switching output)*

Preselect a switching point of $0.5 I_a$. Starting with input quantity I_a , introduce an absorber between the source and detector which causes an attenuation of 75% and changes the input quantity to $0.25 I_a$ so that it crosses the switching point of the output state.

The absorber shall be introduced in less than one-tenth of the switching time. Record I_a and the switching state of the output and determine the switching time.

Repeat the test by removing the absorber so that the input quantity crosses the switching point in the reverse direction. Record the switching state of the output and determine the switching time.

4.1.2.4 *Drift*

Simulate a constant level of measured material by placing an absorber between the source and the detector so as to cause an attenuation of about 75% which establishes the input quantity at $0.25 I_a$. Record the output signal for a sufficient time to determine the short-term and long-term drifts of the measuring system. The value of I_a shall also be stated.

4.1.2.5 *Instability as a result of statistical fluctuations and radiation decay*

Instability as a result of statistical fluctuations is determined as follows: given an input quantity I_a , the output signal is recorded and plotted graphically.

Mathematical determination is dependent on the signal processing of the measuring system; the method of calculation shall be stated by the manufacturer.

The effect of the radiation decay shall be stated by the manufacturer.

4.1.3 *Essais sur site*

4.1.3.1 *Linéarité*

A l'installation, des réglages additionnels de linéarisation peuvent être faits pour adapter le système de mesure à l'application spécifique. La linéarité peut ensuite être déterminée soit graphiquement, soit analytiquement d'après les données de calibration soit selon 3.3.10, et s'exprime comme un pourcentage (généralement de la valeur finale) ou comme une valeur absolue.

Quand elle est calculée statistiquement, la limite des ± 2 écarts types σ doit être indiquée.

4.1.3.2 *Fiabilité statistique*

En pratique, les essais de fiabilité statistique nécessitent une durée disproportionnellement longue; il est donc préférable que le fabricant calcule et indique cette valeur.

4.1.3.3 *Effet de l'entrefer*

L'effet de l'entrefer pour les systèmes de mesure à rétrodiffusion doit être indiqué par le fabricant.

4.1.3.4 *Erreurs d'alignement*

Pour les systèmes utilisant un mécanisme de déplacement, l'influence relative aux désalignements doit être déterminée et prise en compte.

4.2 *Erreurs dues aux grandeurs relatives à l'application*

Les points suivants peuvent créer des erreurs de mesure et leur influence doit être déterminée individuellement lors de la calibration.

- inhomogénéité du matériau à mesurer et de la construction du réservoir;
- fluctuations de densité du matériau mesuré;
- absorption de gaz par le matériau à mesurer créée par des variations de pression dans le réservoir;
- profil du matériau à mesurer;
- forte radioactivité ambiante.

4.1.3 *On-site tests*

4.1.3.1 *Linearity*

At installation, additional linearity adjustments may be made to adapt the measuring system to the specific application. The linearity may then be determined either graphically or analytically from the final calibration data, as per 3.3.10, and should be expressed as a percentage (usually of the final value) or as an absolute figure.

When calculated statistically, the $\pm 2\sigma$ limits shall be stated.

4.1.3.2 *Statistical reliability*

Practical tests for statistical reliability require a disproportionately long time; it is therefore preferable if the manufacturer calculates and states this value.

4.1.3.3 *Effect of air gap*

The effect of the air gap for backscattering systems shall be stated by the manufacturer.

4.1.3.4 *Alignment errors*

For systems utilizing a movement device, the influences related to misalignments shall be determined and taken into account.

4.2 *Errors due to application-related quantities*

The following items may cause measurement errors and their influence shall be individually determined when calibrating:

- inhomogeneity of the material to be measured and that of the vessel;
 - fluctuations of measured material density;
 - gas absorption by the measured material caused by pressure changes in the vessel;
 - profile of the material to be measured;
 - high background radiation.
-

ICS 17.240
