

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1336**

Première édition
First edition
1996-11

**Instrumentation nucléaire –
Systèmes de mesure d'épaisseur
par rayonnement ionisant –
Définitions et méthodes d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Thickness measurement systems
utilizing ionizing radiation –
Definitions and test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1336: 1996

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1336**

Première édition
First edition
1996-11

**Instrumentation nucléaire –
Systèmes de mesure d'épaisseur
par rayonnement ionisant –
Définitions et méthodes d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Thickness measurement systems
utilizing ionizing radiation –
Definitions and test methods**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIS
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Généralités.....	8
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions	10
2 Conditions d'essais	26
2.1 Généralités.....	26
2.2 Essais en laboratoire	28
2.2.1 Essais de caractéristiques intrinsèques	28
2.2.2 Grandeurs d'influence et essais.....	48
2.2.3 Essais de système de mesure et d'analyse de la machine et du processus.....	58
2.3 Documentation concernant les résultats d'essais en laboratoire	60
2.4 Essais sur site	60
2.4.1 Essai concernant l'erreur de profil d'échantillon du système	62
2.4.2 Essais de reproductibilité du système de profil et de balayage moyen.....	62
2.4.3 Essai de longueur de résolution géométrique.....	66
 Annexes	
A Essais concernant la tension du réseau	68
B Description généralisée d'un système de mesure.....	70

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
 Clause	
1 General	9
1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	11
2 Test requirements	27
2.1 General	27
2.2 Laboratory tests	29
2.2.1 Intrinsic performance tests	29
2.2.2 Influence quantities and tests	49
2.2.3 Process and machine analysis and measurement system tests	59
2.3 Laboratory test results documentation	61
2.4 On-site tests	61
2.4.1 System sample profile error test	63
2.4.2 System profile and scan average reproducibility tests	63
2.4.3 Geometrical resolution length test	67
 Annexes	
A Mains supply voltage tests	69
B Generalized measurement system description	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

**Systèmes de mesure d'épaisseur par rayonnement ionisant –
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 1336 a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette norme annule et remplace la CEI 769 publiée en 1983 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45/388/FDIS	45/404/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR INSTRUMENTATION –

**Thickness measurement systems 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 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 1336 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This standard cancels and replaces IEC 769 published in 1983 and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
45/388/FDIS	45/404/RVD

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

INTRODUCTION

Depuis 1983, les nombreux progrès de la technologie ont influencé les procédures d'essai communément utilisées pour les systèmes de mesure à base de rayonnement ionisant. Ils incluent ce qui suit:

- Usage courant d'ordinateurs PC de laboratoire, avec des modules d'acquisition de données pour pratiquement tous les besoins de mesure des performances de base, qui permet l'acquisition automatique des données; le traitement statistique des données; une utilisation plus étendue des variables calculées (par exemple l'épaisseur) au lieu de signaux bruts de radiation (par exemple volts ou comptages); la présentation par tableur et manipulation des données et des résultats; des jeux de données plus importants.
- Nouveaux dispositifs liés aux systèmes de mesure permettant d'accéder aux informations de mesure, tels que: échantillonnage à très grande vitesse; système intégré d'acquisition de données; traitement statistique des données; présentation sous forme graphique et sous forme de tableau sur vidéo ou sur imprimante; mesure de profils transversaux à haute résolution; bases de données étendues avec acquisition des résultats caractéristiques à long terme et détermination des tendances; analyse prédictive de panne, etc.
- Conception de nouveaux dispositifs pour améliorer la précision absolue de mesure malgré des environnements adverses, tels que: élimination des erreurs dues aux corps étrangers (poussière) dans le faisceau de mesure, effets de la température, influence des charges électrostatiques, vibrations et effets microphoniques, compensation de l'influence de la colonne d'air, échantillons internes servant de référence pour la mesure, microprocesseurs et microcontrôleurs placés directement à l'intérieur des capteurs.

En regard de la complexité des signaux pour la régulation de processus utilisés au niveau actuel de la technologie, avec des régulations transversales, des architectures distribuées d'unités de régulation et autres variations dans les procédés de régulation, cette norme n'inclut pas le point test B défini dans la CEI 769. L'annexe B a également été retirée car obsolète et inadéquate au vu des méthodes modernes d'acquisition automatiques de données et des techniques statistiques de traitement des valeurs. Cependant de nombreux nouveaux essais et méthodes d'essai ont été ajoutés dans cette norme.

INTRODUCTION

Since 1983, there have been many advances in the state-of-the-art technology that influence the test procedures which are in common use for measurement systems utilizing ionizing radiation. These include the following.

- Common usage of laboratory PC computers with data acquisition modules for nearly all primary performance measurement purposes, which means automated data collection; statistical data processing; more extensive use of calculated variables (such as thickness) instead of raw radiation signals (such as volts or counts); spreadsheet presentation and manipulation of data and results; much larger data sets.
- New measurement system-related features for accessing measurement information such as: very high speed sampling; integrated work-station data logging, statistical data processing, and video/printer tabular and graphical data presentations; high resolution scanning measurement profiles; extensive data bases with long-term performance characteristics logging and reporting of trends; predictive failure analysis, etc.
- New design features to maximize absolute measurement accuracy in adverse environments including such things as: elimination of errors due to foreign material (dirt) in the measurement path, temperature effects, electrostatic charge influences, vibration/ microphonics; measurement air column compensation; internal measurement reference samples; microcomputers and microcontrollers built directly into the sensors.

In light of the complexity of process control signals in current state-of-the-art technology with cross-machine controls, DCS architecture and other variations in control processes, this standard does not include the test point B of IEC 769. The original appendix B has also been deleted as it is obsolete and inadequate in view of today's automated data collection methods and statistical data processing techniques. However, a number of new tests and test methods have been added to this standard.

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

Systèmes de mesure d'épaisseur par rayonnement ionisant – Définitions et méthodes d'essai

1 Généralités

1.1 *Domaine d'application et objet*

La présente norme a trait aux définitions, méthodes d'essais et procédés pour les systèmes de mesure par rayonnement ionisant destinés à effectuer des mesures et des vérifications continues ou discontinues de l'épaisseur, de la masse par unité de surface ou de la masse par unité de longueur au cours de processus industriels. Le produit fabriqué à mesurer peut se présenter sous la forme de feuilles, de produits fabriqués, de revêtements, de produits laminés, de tubes ou de barreaux. Cette norme s'applique à des systèmes comportant une ou plusieurs sorties à des fins d'affichage ou de régulation. Les signaux peuvent être soit analogiques, soit numériques. Le système de mesure peut également comprendre des signaux d'entrée multiples, avec différents moyens de compensation et de conditionnement de signal précédant les signaux de sortie.

Les aspects de sécurité sont traités dans d'autres normes de la CEI ou de l'ISO (par exemple la CEI 405, l'ISO 2919 et l'ISO 7205). La conformité avec les réglementations nationales et locales, et les pratiques usuelles seront également considérées.

Les systèmes de mesure d'épaisseur qui font l'objet de la présente norme sont en général élaborés pour des applications industrielles entrant dans une large gamme d'industries, d'applications et de spécifications. Le but poursuivi consiste à identifier les paramètres et variables communs, ainsi qu'à spécifier des essais et documents normalisés de façon à faciliter la comparaison des caractéristiques des différents systèmes de mesure disponibles sur le marché. Ces essais sont applicables à des systèmes comportant des têtes de mesure soit fixes, soit traversantes, et munies de détecteurs de rayonnements par transmission, par rétrodiffusion ou par fluorescence X.

Un grand nombre de systèmes de mesure de rayonnements ionisants en usage aujourd'hui comportent des détecteurs multiples et utilisent différents moyens de compensation des signaux de détecteurs de base de façon à minimiser les effets de grandeurs d'influence étrangère qui peuvent entraîner des erreurs. Des microprocesseurs et des mini-ordinateurs ont permis de développer le traitement de signaux d'entrée multiples et les techniques de compensation d'erreur. Dans les systèmes les plus complexes, il est difficile d'évaluer entièrement l'efficacité du traitement interactif des signaux et des algorithmes de compensation par contrôle statique. Par exemple, les temps de réponse et les temps de collecte de données pour les détecteurs dont les signaux seront combinés selon certaines fonctions analytiques ont peu d'importance dans les conditions de contrôle statique de la présente norme, mais ils peuvent entraîner d'importantes erreurs dans des conditions de mesure dynamique s'ils ne sont pas adaptés de façon appropriée. L'importance relative des erreurs des grandeurs d'influence à compenser joue également un rôle considérable.

Il convient que les moyens de compensation pour des détecteurs ayant une grande sensibilité aux grandeurs d'influence soient plus précis que pour des détecteurs qui font montre d'erreurs mineures, de façon à parvenir aux mêmes résultats globaux. C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir, dans la norme, des contrôles de caractéristiques qui peuvent comprendre tout l'ensemble du traitement interactif des signaux et les compensations. Cela est facilité, dans la présente norme, grâce à l'introduction de différents points de contrôle pour le système de mesure en cours d'évaluation.

NUCLEAR INSTRUMENTATION –

Thickness measurement systems utilizing ionizing radiation – Definitions and test methods

1 General

1.1 *Scope and object*

This standard relates to definitions, test methods, and procedures for ionizing radiation measurement systems designed for either continuous or discrete measurements and checks of mass per unit area, mass per unit length, or thickness of materials produced in industrial processes. The measured process material may be in such forms as sheets, coatings, laminates, tubes, or rods. This standard applies to systems with one or more outputs for display or control purposes. The signals 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.

Safety aspects are covered in other IEC and ISO standards (for example IEC 405, ISO 2919, ISO 7205). Consideration will also be given to compliance with all applicable national and local regulations and codes of practice.

Thickness measurement systems which are the object of this standard are generally built for industrial applications covering a very broad range of industries, applications, and specifications. The objective is to identify the common parameters and variables, and to specify standard tests and documentation that will facilitate direct comparison of the performance characteristics of the different measurement systems which are available. These tests are applicable to systems with either fixed or traversing measuring heads and with transmission, backscatter, or X-ray fluorescence sensors.

Many ionizing radiation measurement systems in use today have multiple sensors, and employ various means of compensating the basic sensor signals to minimize the effects of extraneous influence quantities that introduce measurement errors. Dedicated microprocessors and minicomputers have further enhanced multiple input signal processing and error compensation techniques. In the more complex systems, it is difficult to fully evaluate the effectiveness of interactive signal processing and compensation algorithms by static testing. For example, the response times and data collection times for sensors, whose signals are to be combined in some analytical function, are of little importance under the static testing conditions in this standard, but they can lead to large errors under dynamic measuring conditions if they are not properly matched. The relative magnitude of the influence quantity errors to be compensated is also quite important.

The compensation means for sensors with high sensitivity to influence quantities should be more precise than for sensors which exhibit smaller errors in order to achieve the same overall results. Therefore, it is necessary to have performance tests, in the standard, which may include all the interactive signal processing and compensations. This has been facilitated in this standard by identifying different test points throughout the measurement system under evaluation.

Il est important d'estimer la dégradation potentielle des caractéristiques de fonctionnement dans un environnement difficile. Bien qu'il soit difficile de reproduire exactement l'influence des conditions du processus de fabrication à long et à court terme pendant la durée limitée des essais, l'ensemble de procédures exposé dans la présente norme comporte certaines perturbations causées par l'environnement, introduites artificiellement.

Dans la présente norme, le terme «épaisseur» est utilisé pour désigner aussi bien la masse par unité de surface, la masse par unité de longueur que l'épaisseur. Les détecteurs radiométriques d'épaisseur, en général, mesurent la masse par unité de surface, et les signaux de sortie peuvent être exprimés en unités d'épaisseur réelle seulement si le numéro atomique effectif et la densité du matériau à mesurer sont connus ou si le système est calibré par rapport à des échantillons réels de production, et si le nombre atomique effectif ainsi que la densité du matériau produit ne change pas par rapport à ces échantillons. Dans le cas de produits en forme de barreaux, avec une section de surface connue ou constante, le signal de sortie peut être exprimé en termes de masse par unité de longueur.

NOTE – Il est recommandé au lecteur de se référer au schéma fonctionnel de l'annexe B, pour une meilleure compréhension des spécifications.

1.2 Références normatives

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

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

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

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

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

1.3 Définitions

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

1.3.1 jauge d'épaisseur (rayonnement ionisant): Assemblage de mesure comprenant une source de rayonnement ionisant et destiné à effectuer des mesures non destructives de l'épaisseur d'un matériau à l'aide des rayonnements ionisants.

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

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

It is important to estimate the potential performance degradation in adverse environments. Although it is difficult to duplicate exactly the influence of long-term and short-term process conditions during a limited test period, this set of procedures includes some artificially introduced environmental disturbances.

In this standard the term “thickness” is used interchangeably to mean mass per unit area, mass per unit length, or thickness. Radiometric sensors, in general, measure mass per unit area and the output signals can be expressed in true thickness units only if the effective atomic number and density of the material being measured are known, or if the system is calibrated against actual production samples, and if the effective atomic number and density of the material produced do not change relative to those samples. In the case of rod-shaped products, with a known or constant cross-sectional area, the output signal may be expressed in terms of mass per unit length.

NOTE – It is recommended that the reader refers to the block diagram of annex B for a better understanding of the specification.

1.2 Normative references

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

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

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

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

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

1.3 Definitions

For the purpose of this International Standard the following definitions apply:

1.3.1 thickness gauge (ionizing radiation): A measuring assembly that includes an ionizing radiation source and is designed to measure non-destructively the mass per unit area of a material by means of ionizing radiation.

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

1.3.3 backscatter measurement system: A thickness gauge system that utilizes the ionizing radiation backscattered by the material being measured and any backing material adjacent to the material being measured. The source and detector are positioned on the same side of the material being measured. The system may include compensation sensors to measure and correct for the effects of undesirable influence quantities.

1.3.4 système de mesure par le rayonnement de fluorescence X: Système de jauge d'épaisseur utilisant le rayonnement de fluorescence X provoqué dans le matériau à mesurer ou dans le matériau support.

Le système peut inclure des capteurs de compensation pour mesurer et corriger les effets de grandeurs d'influence indésirables.

1.3.5 tête de mesure: Sous-ensemble comprenant une ou plusieurs sources de rayonnement et détecteurs de rayonnement, ainsi que des capteurs de compensation pouvant être utilisés pour mesurer et corriger les effets des grandeurs d'influence indésirables.

NOTE – La source de rayonnement peut être une source radioactive scellée ou un générateur de rayonnement émettant des rayons X d'énergie fixe ou variable. Le sous-ensemble tête de mesure peut comprendre également des composants électroniques pour le traitement du signal.

1.3.6 sous-ensemble électronique de mesure: Sous-ensemble qui, en utilisant des composants électriques ou électroniques incorporés, sert à traiter les grandeurs électriques délivrées par la tête de mesure et à fournir des grandeurs électriques ayant des valeurs adaptées aux besoins de la mesure.

1.3.7 point de contrôle: Endroit, dans le système de mesure, où les signaux électriques peuvent être contrôlés.

1.3.7.1 point de contrôle A: Endroit, dans le système de mesure, où le signal de sortie du détecteur peut être contrôlé dans sa forme originelle de base.

NOTE – Dans le cas d'une chambre d'ionisation, le point de contrôle A se trouve habituellement après le préamplificateur et avant toute conversion sous forme numérique.

1.3.7.2 point de contrôle B: Endroit, dans le système de mesure, correspondant à la sortie pour affichage.

1.3.7.3 autres points de contrôle: Autres endroits, dans le système de mesure, où les signaux de mesure peuvent être contrôlés et évalués.

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

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

1.3.8.2 mécanisme rétractable: Mécanisme de support de la tête de mesure qui peut être retiré de sa position de mesure.

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

1.3.9 entrefer de mesure

1.3.9.1 jauge d'épaisseur à transmission: Intervalle entre les faces opposées de l'ensemble émetteur de rayonnement et de l'ensemble détecteur, et dans lequel se trouve le matériau à mesurer.

1.3.9.2 jauge d'épaisseur à rétrodiffusion: Intervalle entre la face la plus proche de l'ensemble émetteur ou de l'ensemble détecteur et la surface la plus en arrière du matériau à mesurer ou la surface du matériau de support.

NOTE – Le terme «entrefer de mesure» est parfois utilisé pour décrire l'espace ou volume libre dans lequel la mesure est réalisée. Cet espace peut être moindre que l'intervalle décrit ci-dessus.

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

1.3.4 X-ray fluorescence measurement system: A thickness gauge system that utilizes the X-ray fluorescence excited in the material to be measured or in the supporting material.

The system may include compensation sensors to measure and correct for the effects of undesirable influence quantities.

1.3.5 measuring head: A subassembly comprising one or more radiation sources and radiation detectors together with any compensation sensors that may be used to measure and correct the effects of undesirable influence quantities.

NOTE – The radiation source may be a radioactive sealed source or a radiation generator emitting X-rays of fixed or variable energy. The measuring head subassembly may also include electronic devices for signal processing.

1.3.6 electronic measuring subassembly: A 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.

1.3.7 test point: A point in the measurement system where electrical signals may be monitored.

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

NOTE – For an integrating ionization chamber, the test point A typically would be after the preamplifier and before any conversion to a digital form.

1.3.7.2 test point B: The point in the measurement system at which normal measurement display readouts occur.

1.3.7.3 test points – other: Other points in the measurement system at which measurement system signals may be monitored and evaluated.

1.3.8 measuring head supporting mechanism: A mechanical assembly on which the measuring head is mounted.

1.3.8.1 fixed mechanism: A measuring head supporting mechanism that does not move.

1.3.8.2 retractable mechanism: A measuring head supporting mechanism that is able to be withdrawn from the measurement position.

1.3.8.3 traversing mechanism: A measuring head supporting mechanism which allows the measuring head to be traversed across the material being measured.

1.3.9 measuring gap

1.3.9.1 transmission thickness gauge: The distance between opposing faces of the radiation emitting assembly and the detector assembly between which the material being measured is located.

1.3.9.2 backscattering thickness gauge: The distance from the nearest face of the emitting assembly or the detector assembly to the rearmost surface of the material being measured or to the surface of the backing material.

NOTE – The term “measuring gap” is sometimes used to describe the space or free volume in which the measurement is made. This space may be less than the distance described above.

1.3.10 pass line: The position of the material to be measured in the measuring gap.

1.3.11 ligne de passe de référence: Ligne de passe à l'intérieur de l'entrefer de mesure correspondant à la position du matériau pour laquelle l'étalonnage est normalement effectué. Elle est généralement définie à distance spécifiée, soit entre la surface du porte-source, soit entre la surface du détecteur et la surface adjacente du matériau à mesurer.

1.3.12 aire de mesure

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

1.3.12.2 aire effective de mesure: Surface d'un matériau donné situé à la ligne de passe de référence qui donne une corrélation optimale entre le signal de sortie et la variable à mesurer (cette aire se situe habituellement entre 65 % et 95 % de l'aire totale de mesure).

1.3.12.3 résolution de stries: Largeur d'une strie d'épaisseur constante du matériau dans le sens longitudinal qui sera mesurée à 70 % de l'amplitude d'une bande de largeur infinie de la même épaisseur.

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

1.3.14 précision: Degré de conformité d'une valeur indiquée à une valeur normalisée reconnue, ou valeur idéale.

NOTES

- 1 Mesurée en général comme imprécision, elle est exprimée en tant que précision.
- 2 Elle est exprimée en termes de la variable mesurée, du pourcentage d'échelle, du pourcentage de la gamme supérieure ou du pourcentage de la lecture réelle de sortie.
- 3 Il convient qu'elle soit exprimée avec une notation statistiquement significative, par exemple «à $\pm 2 \sigma$ » ou «au maximum».

1.3.15 reproductibilité: Degré de concordance entre un certain nombre de mesures consécutives de la sortie pour la même valeur de l'entrée dans les mêmes conditions opératoires.

NOTE – Mesurée habituellement comme une non-reproductibilité, elle est supérieure en tant que reproductibilité en pourcentage de la gamme supérieure de mesure ou en pourcentage de la lecture réelle de sortie pour une période de temps spécifiée ou pour un nombre déterminé de mesures.

1.3.16 domaine nominal: Domaine assigné à un équipement par le constructeur pour la ou les grandeurs à mesurer, à observer, à afficher ou à fournir (voir CEI 359).

1.3.17 gamme de mesure: Partie du domaine nominal dans laquelle l'équipement satisfait aux prescriptions relatives aux limites d'erreur (voir CEI 359).

NOTE – La gamme de mesure peut être subdivisée afin de caractériser l'instrument plus complètement.

1.3.18 transfert de calibration: Aptitude à mesurer un même jeu d'échantillons de référence avec deux ou plusieurs jauges d'épaisseur et à obtenir le même résultat, à l'intérieur d'une fourchette d'erreur spécifiée.

1.3.19 résolution: Plus petite modification de la grandeur à mesurer susceptible d'être observée ou détectée. La nature statistique du signal et l'influence des techniques d'échantillonnage utilisées seront dûment prises en considération. Les données échantillonnées seront normalisées pour tenir compte du filtrage du signal et du temps de mesure des données.

1.3.20 longueur de résolution géométrique du système: Longueur minimale dans une direction spécifiée d'un échantillon normalisé possédant une masse déterminée par unité de surface, susceptible d'être mesurée avec une précision donnée. Dans le cas de mesure

1.3.11 reference pass line: The pass line in the measuring gap corresponding to the position of the material at which calibration is normally made. It is usually defined at a specified distance from either the surface of the source holder housing, or the surface of the detector housing to the adjacent surface of the measured material.

1.3.12 measurement area

1.3.12.1 total measurement area: The minimum area of a given material located at the reference pass line which contributes 100 % of the output signal.

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

1.3.12.3 streak resolution: The width of a constant thickness streak of material in the process machine direction that will be measured to 70 % of the amplitude of an infinitely wide streak of the same mass per unit area.

1.3.13 mass per unit area (surface mass, surface density, mass cross-section, basis weight): A quantity equal to the product of the density (mass of a unit volume) of a material and the thickness of the same material. The mass per unit area may be calculated in practice by weighing a sample of material and dividing it by its cross-sectional (surface) area.

1.3.14 accuracy: Degree of conformity of an indicated value to a recognized standard value, or ideal value.

NOTES

- 1 It is usually measured as an inaccuracy and expressed as accuracy.
- 2 It is typically expressed in terms of the measured variable, percent of span, percent of upper range value, or percent of actual output reading.
- 3 It must be expressed with some statistically significant notation; for example " $\pm 2 \sigma$ " or "absolute worst case".

1.3.15 reproducibility: The closeness of agreement among a number of consecutive measurements of the output for the same value of the input under the same operating conditions.

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

1.3.16 rated range: The range of a quantity to be measured, observed, supplied, or set which the manufacturer has assigned to the apparatus (see IEC 359).

1.3.17 effective range: The part of the rated range where measurements can be made within the stated limits of error (IEC 359).

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

1.3.18 calibration transfer: The capability to read a common set of standard samples in two or more thickness gauges and obtain the same results within a specified error band.

1.3.19 resolution: The 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.

1.3.20 system geometrical resolution length: The minimum length in a specified direction of a standard sample having a determined mass per unit area which can be measured with a given factor of error. In the case of thickness measurements for scanning measurement

d'épaisseur pour des systèmes de mesure par balayage, la longueur de résolution géométrique est fonction de l'aire de mesure réelle, du temps d'établissement de l'appareillage, de la vitesse de balayage de la tête de mesure et du temps d'échantillonnage des données accumulées.

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

1.3.22 instabilité radiométrique totale (bruit): Variation du signal de sortie dans les conditions de référence, alors que toutes les grandeurs d'influence sont maintenues constantes et que le détecteur est en situation d'irradiation constante.

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

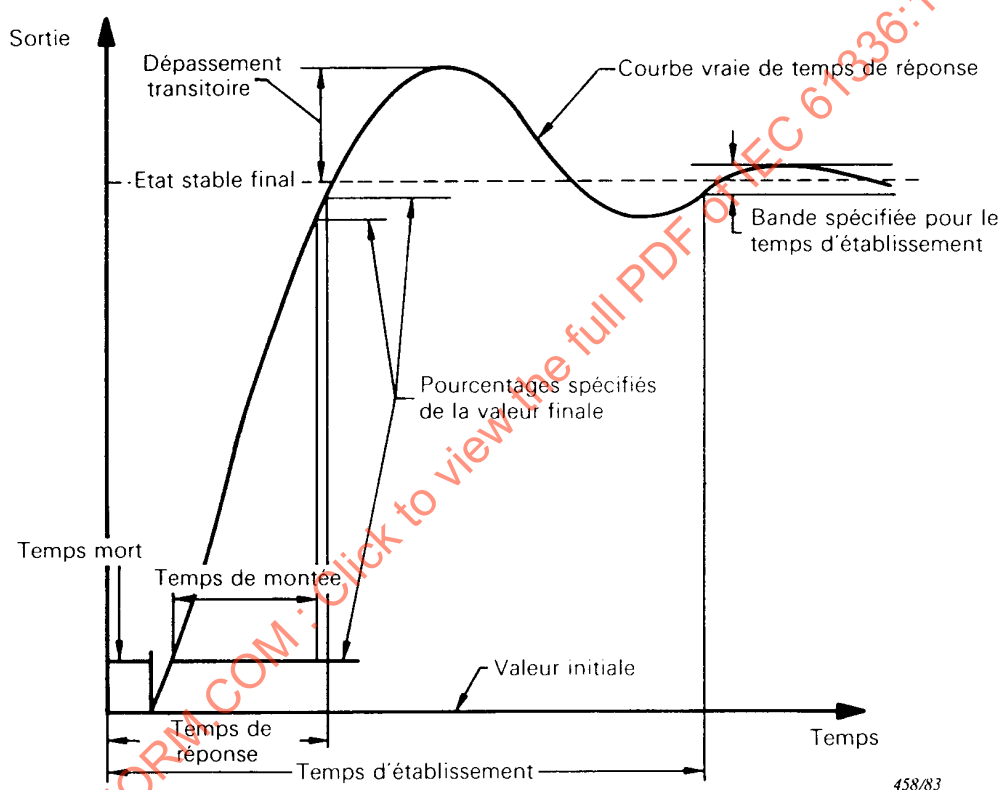


Figure 1 – Exemple de réponse temporelle d'un système à un échelon unité à l'entrée

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 de signaux de sortie discrets depuis une valeur initiale jusqu'à une valeur finale. La figure 2 illustre un exemple caractéristique. Les paramètres temps de montée et temps de réponse moyen ne peuvent pas être définis de façon générale, parce que le point de départ de la variation échelon n'est pas défini. Le seul paramètre utile est le temps moyen d'établissement exprimé en termes d'intervalles de temps discrets, dépendant du temps d'échantillonnage, du taux d'échantillonnage et du temps d'intégration du système.

systems, the geometrical resolution length is a function of the effective measuring area, the settling time of the instrument, the scanning speed of the measuring head, and of the accumulated data sampling time.

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

1.3.22 overall radiometric instability (noise): Variation of the output signal under reference conditions, while all influence quantities are held constant and the detector is in an irradiated condition.

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

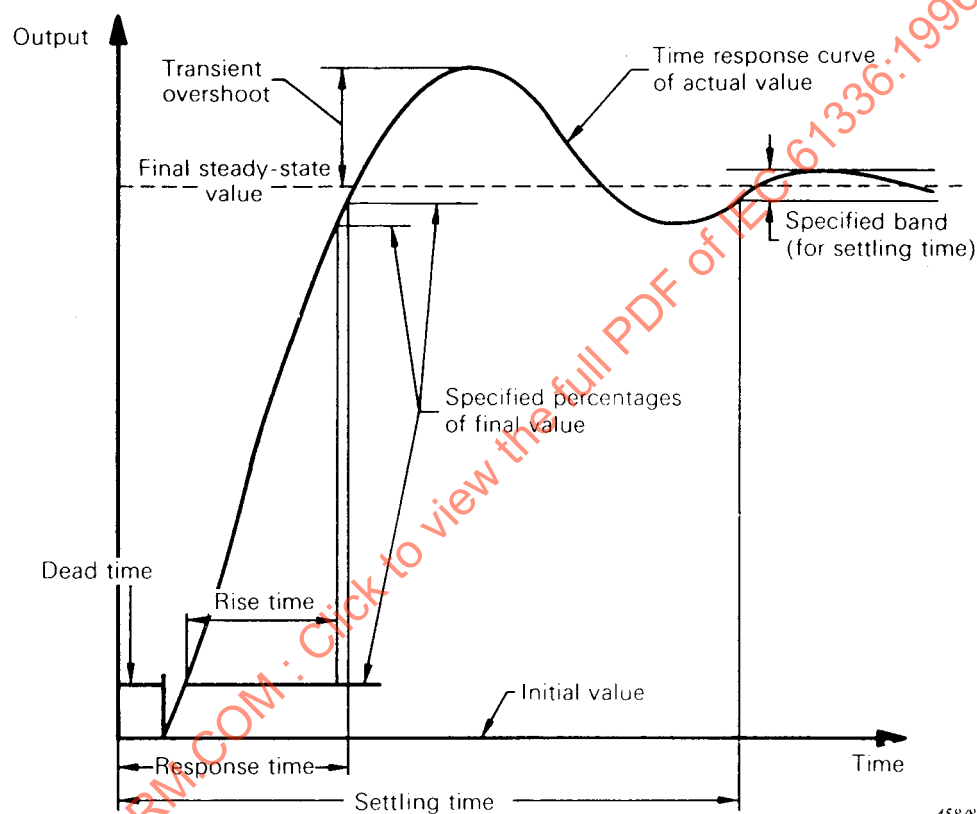
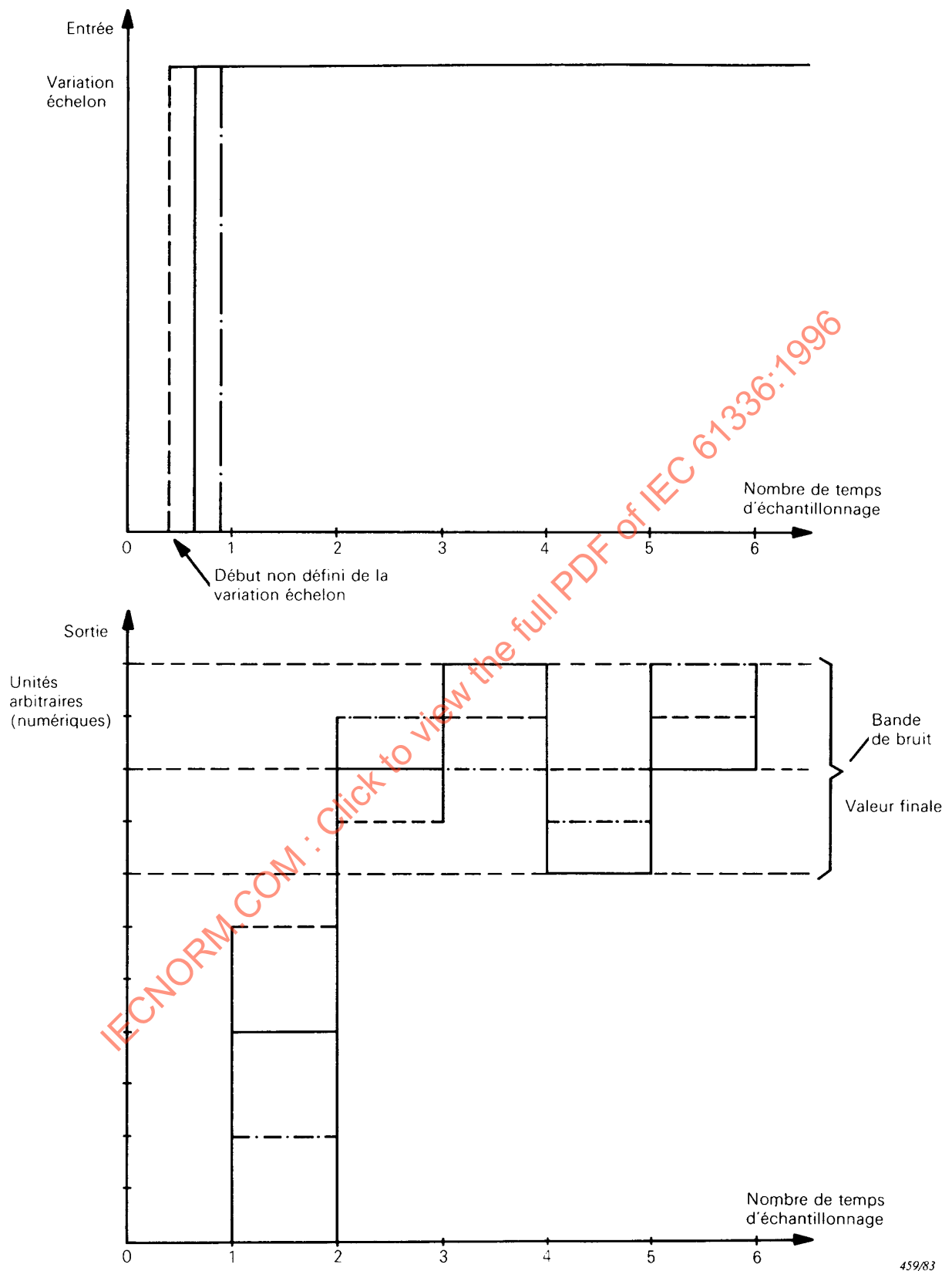


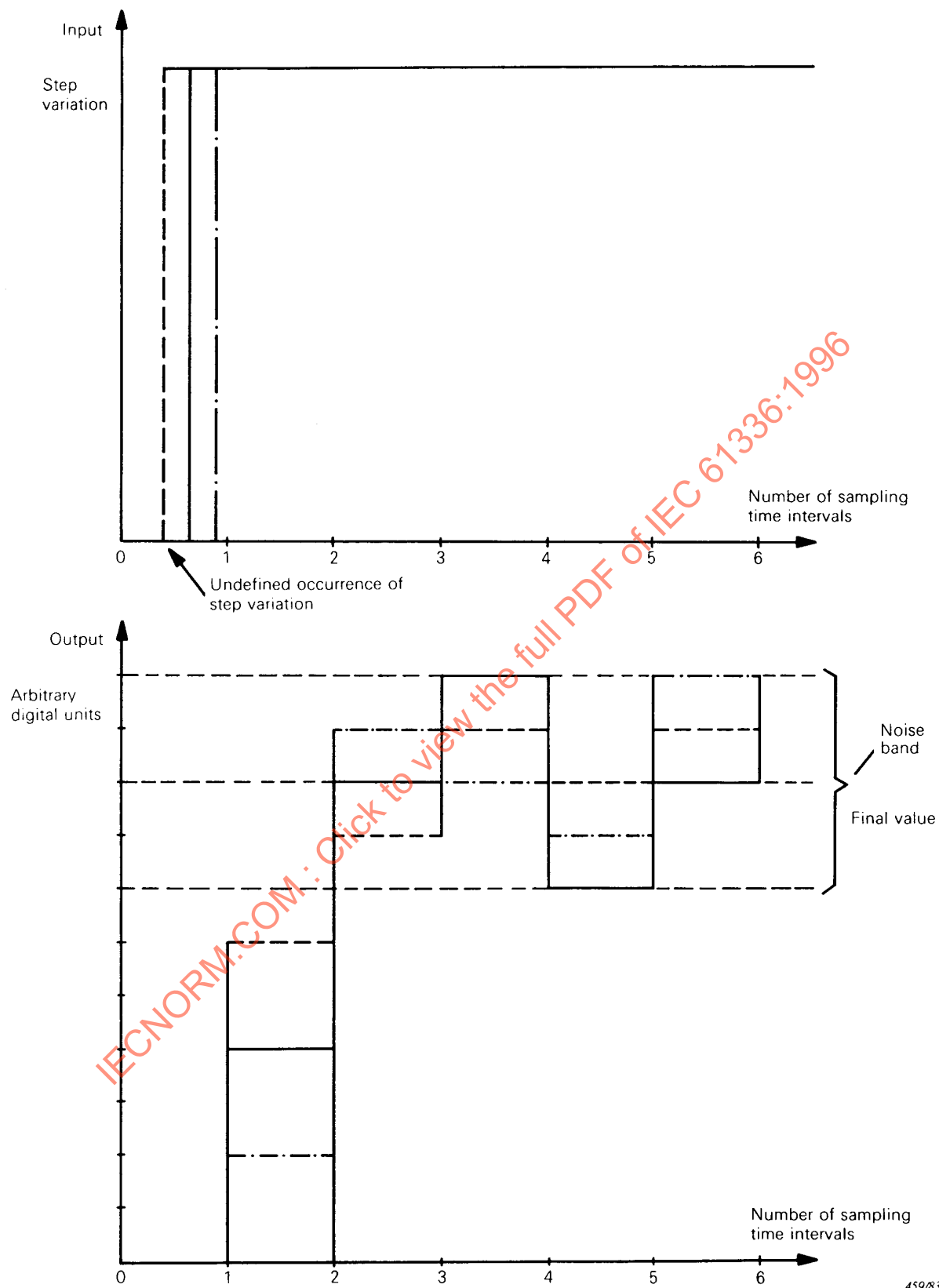
Figure 1 – Typical time response of a system to a step increase of input

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. Figure 2 illustrates a typical example. The parameters rise time and mean response time cannot be defined in a general way because the occurrence of the step change is not defined. The only useful parameter is the mean settling time expressed in terms of discrete time intervals depending upon the system sampling time, sampling rate, and integration time.



NOTE – La variation échelon du signal d'entrée peut survenir à un moment quelconque à l'intérieur du temps d'échantillonnage

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



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

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

1.3.24 signaux de sortie analogiques

1.3.24.1 temps de réponse moyen: Temps moyen après une variation échelon de la grandeur mesurée jusqu'à ce que le signal de sortie atteigne un pourcentage spécifié de sa valeur moyenne finale, pour la première fois (étant entendu que la nature statistique du signal est bien prise en considération). Pour cette norme, le pourcentage spécifié est de 63,2 % de la variation échelon. Il convient d'indiquer l'amplitude de tout dépassement transitoire éventuel. Voir figure 1.

1.3.24.2 temps d'établissement moyen analogique: Temps minimal nécessaire pour qu'après une variation échelon spécifiée de la grandeur à mesurer la moyenne du signal de sortie atteigne et reste dans la bande de bruit à $\pm 2 \sigma$ près de sa valeur moyenne finale. Voir figure 1.

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

1.3.25 signaux de sortie numériques

1.3.25.1 temps d'échantillonnage: Intervalle de temps pendant lequel l'information numérique est collectée.

1.3.25.2 taux d'échantillonnage: Nombre de fois où la grandeur à mesurer est échantillonnée par unité de temps.

1.3.25.3 temps d'intégration global: Intervalle de temps, généralement exprimé en termes de *temps d'échantillonnage* pendant lequel les valeurs numériques de la grandeur à mesurer sont moyennées d'une certaine façon (par exemple moyenne glissante). Ces valeurs numériques peuvent déjà représenter des moyennes temporelles de la grandeur à mesurer.

1.3.25.4 temps moyen d'établissement numérique: Temps minimal requis, après une variation échelon définie de la quantité à mesurer, pour que le signal de sortie atteigne et reste dans la bande de bruit à $\pm 2 \sigma$ près de sa valeur moyenne finale. Il convient que ce temps moyen d'établissement numérique soit exprimé comme un multiple du temps d'échantillonnage. Voir figure 2.

NOTE – Il est bien entendu que la meilleure résolution ne peut pas être inférieure à celle correspondant au bit le moins significatif.

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

Le temps de restitution sera exprimé en termes de temps d'échantillonnage correspondant.

1.3.26 linéarité: Degré de concordance que la courbe réelle d'étalonnage peut atteindre par rapport à une droite, telle que représentée à la figure 3.

NOTE – Généralement, on mesure une non-linéarité mais on l'exprime en tant que linéarité qui peut être chiffrée en valeur absolue ou relative: par exemple un écart-type ou un écart maximal entre une courbe moyenne et une ligne droite. La courbe de réponse moyenne est déterminée après au moins deux excursions complètes de l'étendue de mesure dans chaque sens. Sauf spécification contraire, la linéarité qualifie le signal de sortie.

1.3.24 analogue signal output

1.3.24.1 mean response time (τ): The 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. The magnitude of any transient overshoot should be stated. See figure 1.

1.3.24.2 analogue mean settling time: The minimum time required after a specified step variation in the measured quantity for the mean of the output signal to reach and remain within the $\pm 2 \sigma$ noise band of its final mean value. See figure 1.

1.3.24.3 recovery time: The time required for the output signal to reach and remain within the $\pm 2 \sigma$ 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.

1.3.25 digital signal output

1.3.25.1 sampling time: The time interval over which digital information is collected.

1.3.25.2 sampling rate: The number of times the quantity to be measured is sampled per unit of time.

1.3.25.3 overall integration time: The 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 sliding averaging). These numerical values may already represent time averages of the quantity to be measured.

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

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

1.3.25.5 digital recovery time: The time required for the output signal to reach and remain within the $\pm 2 \sigma$ 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.

The recovery time should be expressed in terms of the corresponding sampling time.

1.3.26 linearity: The closeness to which the actual calibration curve approximates a straight line, as defined in figure 3.

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

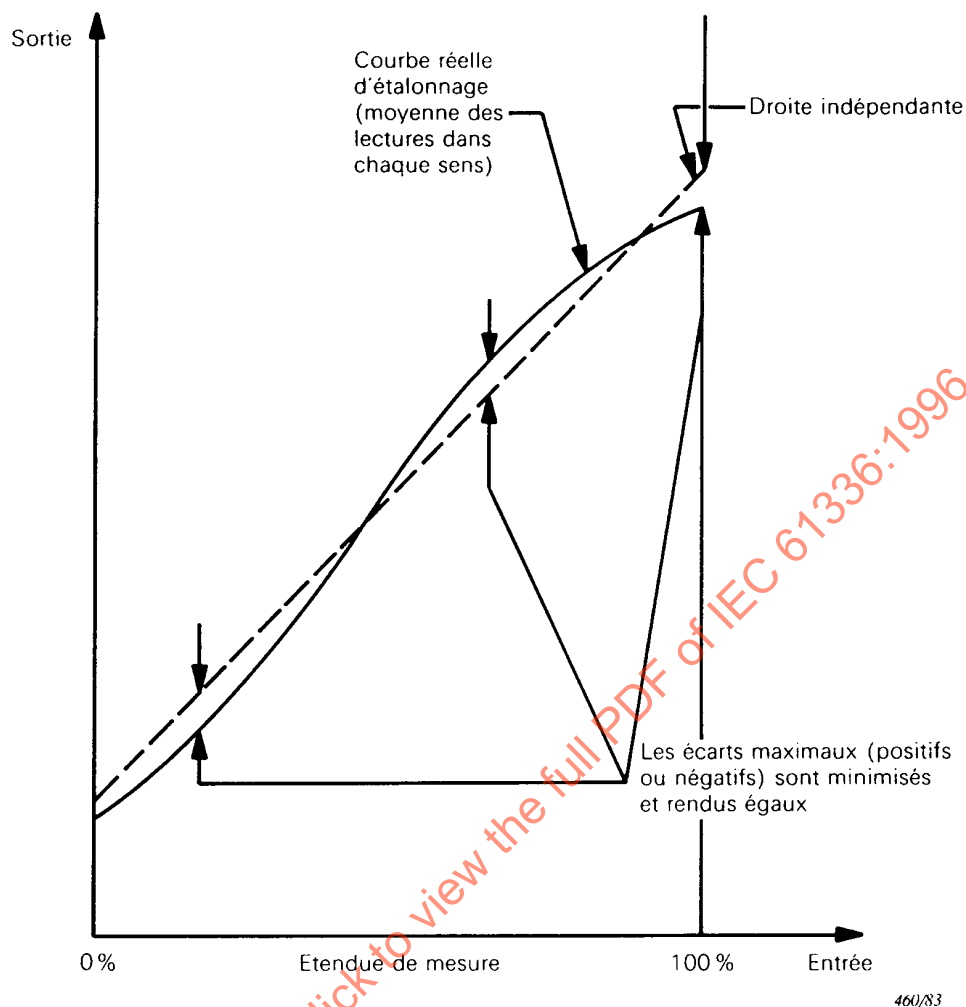


Figure 3 – Linéarité

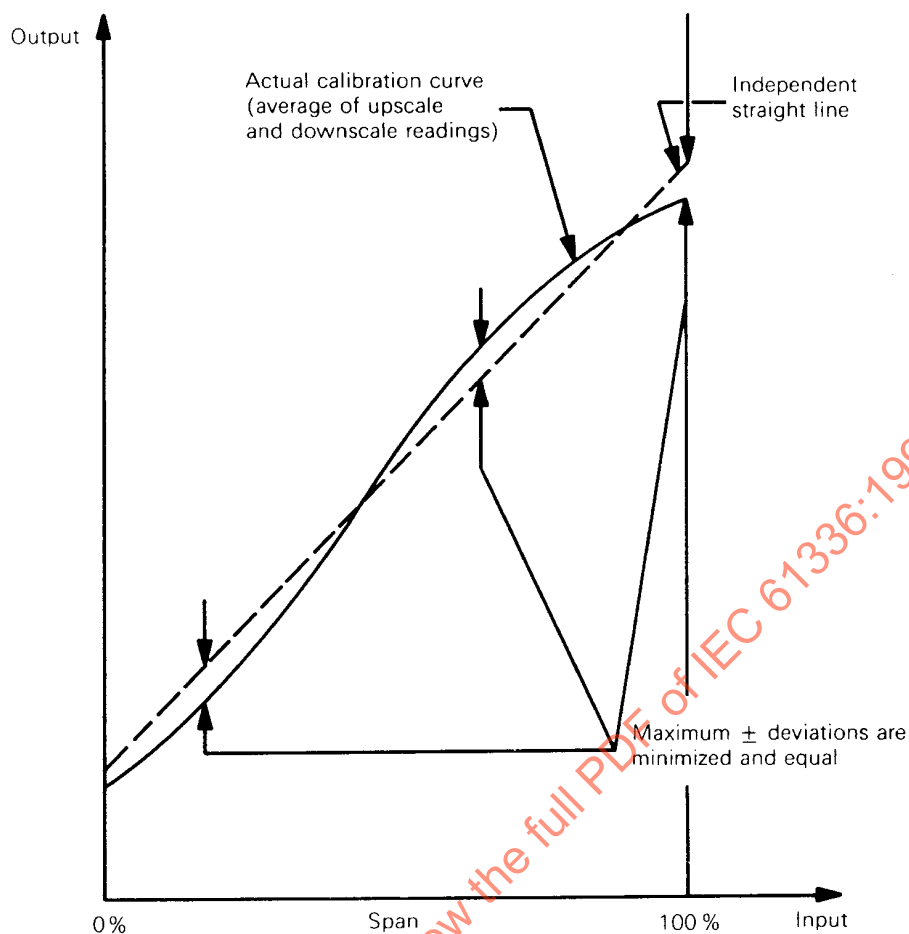
1.3.27 dispositifs de diagnostic: Dispositifs du système de mesure permettant à l'opérateur de déterminer la capacité du système à fonctionner de façon normale. Ces dispositifs comprennent généralement des algorithmes d'analyse avec valeurs limites qui opèrent sur des sorties et entrées intermédiaires à l'intérieur du système ainsi que des moyens d'indication des conditions.

1.3.28 erreur de profil d'échantillon: Erreur intervenant lors du balayage effectué par la tête de mesure tout le long du mécanisme de déplacement avec un échantillon de référence situé à la ligne de passe de référence et mesuré dans des conditions de référence. Pour éviter l'incertitude statistique liée aux détecteurs nucléaires et obtenir un profil d'échantillon exact, plusieurs balayages sont généralement moyennés pour fournir un profil filtré. Les effets d'irrégularités dans le mécanisme de déplacement peuvent être mémorisés dans un dispositif-mémoire du système de mesure pour être utilisés ensuite en vue de minimiser l'erreur de profil d'échantillon. L'erreur est exprimée sous la forme d'un écart par rapport à la valeur réelle de chaque échantillon de référence.

NOTES

1 Cette erreur est une erreur dynamique qui peut être fonction du temps de réponse du système, de la vitesse d'exploration de la tête de mesure et des températures environnantes. Une déformation du système de déplacement peut être causée par la température du matériau à mesurer et par la température environnante.

2 Dans le cas d'une jauge à rétrodiffusion, effectuant une mesure sur un contre-matériau, il peut ne pas être pratique d'introduire un échantillon de référence pendant le contrôle de l'erreur de profil. Si tel est le cas, il convient d'effectuer l'essai sur le contre-matériau lui-même et d'extrapoler ensuite les résultats pour un échantillon présent.



460/83

Figure 3 – Linearity

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

1.3.28 sample profile error: The error resulting when scanning the measuring head over the length of the traversing mechanism with a standard sample located at the reference pass line and measured under reference conditions. In order to discriminate against sensor nuclear statistics and obtain a true sample profile, several scans are usually averaged to provide a filtered profile. The effects of irregularities in the traversing mechanism may be stored in a memory device of the measurement system and then used to minimize the sample profile error. The error is expressed as a deviation from the actual value of each standard sample.

NOTES

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

2 In the case of a backscatter gauge, measuring off a backing material, it may not be practical to include a standard sample while checking the profile error. If that is the case, the test should be run with the bare backer and the results then extrapolated to the effect expected with a sample present.

1.3.29 grandeur d'influence: Grandeur, habituellement extérieure à l'équipement, susceptible d'exercer une influence sur son fonctionnement (voir CEI 359).

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

1.3.29.1 conditions de référence: Série de valeurs assorties de tolérances, ou domaines réduits fixés pour les grandeurs d'influence et, si nécessaire, pour les caractéristiques d'influence qui sont spécifiées pour effectuer les essais comparatifs ou les essais de calibrage (voir CEI 359).

1.3.29.2 domaine nominal de fonctionnement: Domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence à l'intérieur duquel les prescriptions concernant l'erreur de fonctionnement sont respectées (voir CEI 359).

1.3.29.3 erreur de ligne de passe: Erreur causée par un mouvement du matériau dans l'entrefer de mesure dans une direction perpendiculaire à la ligne de passe. Cette erreur peut être exprimée en unités de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure réelle pour un déplacement spécifié (par exemple 0,01 g/m² pour 1 mm ou 0,5 % pour 1 mm de déplacement).

1.3.29.4 erreur d'alignement de tête: Erreur causée par un mouvement relatif des têtes d'un système de mesure de transmission. Un tel mouvement comprend aussi bien un déplacement linéaire qu'un déplacement angulaire. Cette erreur peut être exprimée en unités de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure réelle pour une variation spécifiée.

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

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

1.3.29.4.3 erreur d'alignement en direction Z (mauvais alignement de l'entrefer): Erreur résultant d'un déplacement linéaire des têtes le long de l'axe source-détecteur.

1.3.29.5 effets des variations de composition: Effets sur les mesures des variations de composition concernant le matériau mesuré, généralement exprimés en unités de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure réelle pour une variation de composition spécifiée.

1.3.29.6 erreur due au dépôt d'un matériau étranger: Erreur provoquée par le dépôt d'un matériau étranger (poussière) sur les fenêtres de la tête de mesure. Cette erreur peut être exprimée en unités de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure effective pour un niveau spécifié de matériau étranger.

1.3.29.7 effets de la colonne d'air: Effets des variations de la masse volumique de la colonne d'air entre la source et le détecteur dues à la pression atmosphérique et aux changements de température au cours des mesures. Ils sont exprimés généralement sous la forme d'une erreur en unités de la mesure primaire ou d'un pourcentage de la mesure effective pour un changement spécifié.

1.3.29.8 sensibilité au bruit extérieur: Erreur due à l'interférence de bruit extérieur provenant d'une source électromagnétique ou d'une source de rayonnement à haute énergie. Cette erreur est généralement exprimée en unités de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure effective pour une source de bruit spécifiée.

1.3.29 influence quantity: Any quantity, generally external to an apparatus, which may affect its performance (see IEC 359).

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

1.3.29.1 reference conditions: A set of values with tolerances, or restricted ranges of influence quantities, and, if necessary, of influencing characteristics, specified for making comparison and calibration tests (see IEC 359).

1.3.29.2 rated range of use: The range of values for an influence quantity within which the requirements concerning operating error are satisfied (see IEC 359).

1.3.29.3 pass line error: An indication error which is caused by a movement of the material in the measuring gap in a direction perpendicular to the pass line. This error may be stated in units of the primary measurement or as a percentage of the actual measurement for a specified movement (for example 0,01 g/m² for 1 mm or 0,5 % per millimeter movement).

1.3.29.4 head alignment error: An indication error which is caused by movement of the heads of a transmission measurement system with respect to one another. Both linear and angular displacements are included. This error may be expressed in units of the primary measurement, or as a percentage of the actual measurement for a specified deflection.

1.3.29.4.1 X direction alignment error: A deflection error resulting from linear displacement of heads at right angles to the source detector axis in the process machine direction.

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

1.3.29.4.3 Z direction alignment error (air gap misalignment): A deflection error resulting from linear displacement of the heads along the source-detector axis.

1.3.29.5 composition effects: The effects of composition variations within the measured material on the measurements, usually expressed as an indication error in units of the primary measurement, or as a percentage of the actual measurement for a specified composition variation.

1.3.29.6 foreign material build-up error: An indication error which is caused by the build-up of foreign material (dirt) on the measuring head windows. This error may be expressed in units of the primary measurement, or as a percentage of the actual measurement for a specified build-up level.

1.3.29.7 air column effects: The effects of variations in the density of the air column between the source and the detector due to atmospheric pressure and temperature changes during the measurements. This is usually expressed as an indication error in units of the primary measurement, or as a percentage of the actual measurement for a specified change.

1.3.29.8 external noise susceptibility: An indication error due to interference from external noise sources of an electromagnetic or high energy radiation source. The error is usually expressed in units of the primary measurement, or as a percentage of the actual measurement for a specified noise source.

1.3.29.9 tarage: Dispositif automatique, semi-automatique ou manuel dans le système qui normalise la sortie de mesure dans certaines conditions de mesure, par exemple avec seulement un entrefer air, avec des atténuateurs incorporés ou avec un obturateur fermé.

NOTE – Le but du tarage est d'ajuster périodiquement le système de mesure en vue de minimiser les effets de décroissance de source, de poussière, 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 recalibrage et non pas comme un tarage.

1.3.29.10 influence des charges électrostatiques: Erreur due aux champs électrostatiques. Ces champs sont habituellement associés à une charge électrique sur le matériau à mesurer. Son effet est généralement évalué en créant un potentiel continu sur un échantillon conducteur positionné à la ligne de passe dans l'entrefer.

2 Conditions d'essais

2.1 Généralités

Le présent article traite des essais pour les systèmes de mesure d'épaisseur en vue de déterminer les caractéristiques de fonctionnement et les effets des grandeurs d'influence. Les objectifs de ces essais sont les suivants:

- réunir, pour les résultats d'essai, une documentation telle que les utilisateurs potentiels soient en mesure d'évaluer chacun des systèmes de mesure d'épaisseur de façon à pouvoir couvrir leurs besoins;
- normaliser les procédures d'essai et les spécimens d'essai en vue d'une évaluation comparative des différents systèmes de mesure d'épaisseur;
- spécifier les procédures de vérification sur place en vue d'effectuer des contrôles ponctuels ou de confirmer les résultats d'essai de laboratoire, et d'effectuer des essais supplémentaires.

En raison de la grande diversité des configurations et des applications largement diversifiées des systèmes de mesure d'épaisseur, seuls les essais les plus importants sont normalisés dans le présent article. Pour d'autres essais et pour des cas particuliers, le fabricant et l'utilisateur auront à établir des procédures et des spécimens d'essai nouveaux ou révisés. Pour des situations spéciales de ce genre, seules de légères modifications des procédures et des spécimens qui suivent seront nécessaires.

Les essais en laboratoire de 2.2 doivent normalement être effectués sur des prototypes ou sur des modèles de base des systèmes destinés à la vente. Les essais sont conçus de façon à permettre d'obtenir directement des résultats comparables, quel que soit le modèle ou la marque du système de mesure à évaluer. Cela est réalisé de la manière suivante:

- 1) en spécifiant les conditions de référence;
- 2) en identifiant les points de contrôle à l'intérieur du système;
- 3) en fixant les temps de réponse de mesure pour chaque point de contrôle; et
- 4) en exprimant les résultats d'essai d'une manière générale.

Tous les essais décrits en 2.2 doivent être effectués et leurs résultats doivent faire l'objet d'un document écrit. Si, pour une raison quelconque, l'essai ne peut être effectué, la raison doit en être clairement exprimée dans le document d'évaluation. Dans ce cas, une estimation désignée comme telle de la caractéristique de fonctionnement attendue doit être donnée.

Si les résultats des essais en laboratoire découlent d'essais de prototypes ou de modèles de base, des essais et procédures appropriés d'assurance de la qualité doivent être institués en vue d'assurer que chacun des systèmes suivants a des caractéristiques comparables, ou que toute exception sera notée de façon adéquate.

1.3.29.9 standardization: An automatic, semi-automatic, or manual feature in the system that will normalize the measurement output when measuring under certain conditions; for example, air-gap only, built-in attenuators, or closed shutter.

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

1.3.29.10 electrostatic charge effect: The measurement error due to electrostatic fields. These fields are associated typically with an electric charge on the measured material. The effect is evaluated usually by imposing a d.c. potential on a conductive sample suspended at the pass line in the measurement gap.

2 Test requirements

2.1 General

This clause deals with tests for thickness measurement systems to determine performance characteristics and the effects of influence quantities. The objectives of these tests are:

- to document the test results so that potential users may evaluate individual thickness measurement systems in meeting their needs;
- to standardize the test procedures and test specimens for comparative evaluation of different thickness measurement systems;
- to specify on-site verification procedures to spot-check or confirm the laboratory test results and conduct supplementary tests.

Because of the widely diversified thickness measurement system geometries and applications, only the more important application tests are standardized in this clause. For other tests and unique applications, the manufacturer and the user will have to establish new or revised test procedures and test specimens. For any such special situations, only slight modifications of the following procedures and the specimens may be necessary.

The laboratory tests of 2.2 normally shall be performed on prototype or generic models of the systems for sale. The tests are designed to yield directly comparable results, regardless of the model or make of the measurement system being evaluated. This is accomplished by:

- 1) specifying the reference conditions;
- 2) identifying the test points within the system;
- 3) dictating the measurement response times of each test point; and
- 4) expressing the test results on a generalized basis.

All of the appropriate tests in 2.2 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 that 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.

Les essais effectués sur place et figurant en 2.4 sont applicables au système spécifique de mesure de l'utilisateur. Ces essais sont conçus de façon à vérifier les résultats attendus et à présenter des essais supplémentaires qui peuvent convenir à l'application spécifique.

2.2 Essais en laboratoire

Ces essais sont les plus complets et sont normalement effectués dans les laboratoires du fabricant sur un prototype ou un modèle de base du système de mesure soumis à l'examen. Les essais sont de deux sortes, à savoir: les essais de caractéristiques intrinsèques dans les conditions de référence et les essais destinés à déterminer les effets des grandeurs d'influence.

2.2.1 Essais de caractéristiques intrinsèques

Les essais de caractéristiques intrinsèques sont effectués dans les conditions de référence avec des échantillons d'essai statique en vue de simuler une large variété de produits susceptibles d'être contrôlés (matériaux à mesurer) et d'applications. Ces essais exigent un contrôle des signaux du système à un minimum de deux points de contrôle particuliers qui ont été fixés avec des temps de réponse spécifiés. Les résultats d'essai en laboratoire doivent faire l'objet d'une documentation.

2.2.1.1 Conditions de référence

Les essais de caractéristiques intrinsèques doivent être effectués en laboratoire ou en tout autre lieu approprié dans lequel les conditions de référence suivantes peuvent être maintenues.

2.2.1.1.1 Température ambiante $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$

Variation de température au cours des essais $\pm 1\text{ °C}$.

2.2.1.1.2 Humidité relative $50\% \pm 30\%$

Variations d'humidité au cours des essais $\pm 10\%$.

2.2.1.1.3 Pression atmosphérique $101,3\text{ kPa} \pm 10,0\text{ kPa}$

Variation de pression au cours des essais $\pm 0,3\text{ kPa}$.

2.2.1.1.4 Rayonnement solaire

Aucun rayonnement direct.

2.2.1.1.5 Tension du réseau – Valeur nominale $\pm 10\%$

Variation de tension au cours des essais $\pm 2\%$.

2.2.1.1.6 Réseau d'air comprimé – Valeur nominale $\pm 10\%$

Variation de pression au cours des essais $\pm 2\%$ maximum.

2.2.1.2 Conditions relatives aux têtes de mesure

Les capteurs de mesure soumis aux essais doivent être montés et essayés conformément aux spécifications suivantes.

The on-site tests of 2.4 are applicable to the user's specific measurement system. They are designed to verify the expected results, and to present supplementary tests which may apply to the specific application.

2.2 *Laboratory tests*

These are the most comprehensive tests and will normally be performed in the manufacturer's laboratory on a prototype or generic model of the measurement system under consideration. The tests consist of two parts; that is, the intrinsic performance tests under reference conditions, and the tests to determine the effects of influence quantities.

2.2.1 *Intrinsic performance tests*

The intrinsic performance tests are conducted under reference conditions with static test samples to simulate a wide variety of user products (measured materials) and applications. These tests require monitoring the system signals at a minimum of two generic test points which have been set with specified response times. The laboratory test results are to be documented.

2.2.1.1 *Reference conditions*

The intrinsic performance tests shall be conducted in the laboratory or other suitable location where the following reference conditions can be maintained.

2.2.1.1.1 *Ambient temperature* $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperature variation during the tests: $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.2.1.1.2 *Relative humidity* $50\text{ \%} \pm 30\text{ \%}$

Humidity variations during the tests: $\pm 10\text{ \%}$.

2.2.1.1.3 *Barometric pressure* $101,3\text{ kPa} \pm 10,0\text{ kPa}$

Pressure variation during the tests: $\pm 0,3\text{ kPa}$.

2.2.1.1.4 *Solar radiation*

No direct radiation.

2.2.1.1.5 *Mains supply* – Voltage-rated value $\pm 10\text{ \%}$

Voltage variation during the tests: $\pm 2\text{ \%}$.

2.2.1.1.6 *Compressed air supply* – Rated pressure $\pm 10\text{ \%}$

Pressure variation during tests: $\pm 2\text{ \%}$ maximum.

2.2.1.2 *Measuring head conditions*

The measurement gauges under test shall be set up and tested in accordance with the following specifications.

2.2.1.2.1 *Alignement source et tête de détection*

Spécifications données par le fabricant pour les positions en point fixe et en déplacement. Variation maximale d'alignement pendant les essais: $\pm 0,2$ mm. Si cela ne peut être obtenu, la variation réelle de l'alignement sera enregistrée et expliquée dans le document concernant les résultats d'essais.

2.2.1.2.2 *Ligne de passe de l'échantillon*

Spécification du fabricant. Tolérance de repositionnement de l'échantillon: ± 1 mm.

2.2.1.2.3 *Echantillons d'essai*

Selon les spécifications données pour chaque essai. Variation de composition de l'échantillon selon la tolérance du fabricant de l'échantillon. Les échantillons d'essai seront de masse surfacique uniforme ou d'épaisseur uniforme au niveau de la surface mesurée, et leur valeur sera connue avec précision. Le degré d'uniformité des échantillons sera quantifié.

2.2.1.2.4 *Matériau étranger (poussière)*

Nettoyage des fenêtres des capteurs selon les procédures de nettoyage du fabricant.

2.2.1.3 *Echantillons d'essai*

Des échantillons d'essai stables sont nécessaires pour effectuer les essais de caractéristiques de fonctionnement statique. Il convient que ces échantillons soient sélectionnés de façon à pouvoir simuler raisonnablement les matériaux pour lesquels le système de mesure peut être utilisé. Les échantillons de référence normalisés doivent être conçus comme suit.

2.2.1.3.1 Feuilles, à l'unité ou empilées, de polyester ou autres plastiques stables de différentes épaisseurs ou masses surfaciques. Il est recommandé que ces échantillons d'essai soient directement utilisables pour la simulation de feuilles à mesurer en papier, plastiques divers, caoutchouc et produits plats agglomérés.

2.2.1.3.2 Feuilles, à l'unité ou empilées, d'aluminium de haute pureté ou d'alliages équivalents. D'autres alliages d'aluminium peuvent être utilisés si nécessaire.

2.2.1.3.3 Feuilles, à l'unité ou empilées, d'acier inoxydable de nuance courante. D'autres types d'aciers peuvent être utilisés, si nécessaire.

2.2.1.3.4 Autres échantillons, selon accord entre fabricants et utilisateurs.

2.2.1.4 *Points de contrôle*

Le système de mesure en cours d'essai peut être constitué de différents schémas fonctionnels comme le montre la figure B.1 de l'annexe B. Au minimum, les essais spécifiés dans le présent article doivent contrôler les signaux aux points de contrôle A et B. D'autres points d'essai peuvent être applicables. Ces points sont définis en 1.3.7. Les caractéristiques de fonctionnement, en particulier les temps de réponse, les niveaux de bruit et la linéarité du signal relativement à l'épaisseur mesurée seront différents à chacun de ces points de contrôle. Si un ou plusieurs de ces points de contrôle ne sont pas accessibles, il y a lieu de porter, sur le document donnant les résultats des essais, l'indication «inaccessible» ou «non applicable», suivie d'une brève explication.

2.2.1.2.1 *Source and detector head alignment*

Manufacturer's specification given for both stationary and scanning conditions. Maximum alignment variation during the tests $\pm 0,2$ mm. If this cannot be achieved, the actual alignment variation shall be recorded and explained in the test results document.

2.2.1.2.2 *Sample pass line*

Manufacturer's specification. Sample repositioning tolerance: ± 1 mm.

2.2.1.2.3 *Test samples*

As specified in each test. Sample composition variation: sample manufacturer's tolerance. The test samples are to be of uniform mass per unit area, or thickness, over the test sample area, and their values accurately known. The degree of uniformity of the test samples shall be quantified.

2.2.1.2.4 *Foreign material (dirt)*

Sensor windows cleaned according to manufacturer's cleaning procedures.

2.2.1.3 *Test samples*

Stable test samples are required for conducting the static performance tests. These samples should be selected so as to reasonably simulate the process materials for which the measuring system may be employed. Standard reference samples shall be as follows.

2.2.1.3.1 Single or stacked sheets of polyester or other stable plastics of different thicknesses or mass per unit areas. These test samples should be directly applicable for simulating sheet processes consisting of paper, various plastics, rubber and building board materials.

2.2.1.3.2 Single or stacked sheets of high purity aluminium or equivalent alloys. Other aluminium alloys may be substituted if necessary.

2.2.1.3.3 Single or stacked sheets of stainless steel of a common alloy. Other types of metal may be used if necessary.

2.2.1.3.4 Other samples as agreed between manufacturers and users.

2.2.1.4 *Test points*

The measurement system under test may consist of various functional blocks as shown in figure B.1, annex B. As a minimum, the tests specified in this clause shall monitor the signals at test points A and B. Additional test points may be applicable. These points are defined in 1.3.7. The performance characteristics, particularly the response times, the noise levels, and the linearity of the signal with respect to the measured thickness, will be different at each of these test points. If one or more of these test points are not available, a statement indicating "inaccessible" or "not applicable" should be made on the test result document, together with a brief explanation.

2.2.1.5 Préparation des essais

Après positionnement de la tête de mesure, conformément à 2.2.1.2, le reste du système de mesure à soumettre aux essais doit être monté et taré selon les spécifications du fabricant. Cela inclut les capteurs de compensation ainsi que tout le matériel et logiciel nécessaires pour un traitement complet du signal.

Le système de mesure est mis sous tension et on attend la période nécessaire, spécifiée par le fabricant, pour parvenir à la stabilisation. Les grandeurs d'influence décrites en 2.2.1.1 doivent être contrôlées de façon que leur conformité au cours de la période d'essai soit assurée (ou que les écarts par rapport aux conditions de référence soient signalés). Les temps de réponse du système doivent être notés de façon spécifique sur les formulaires d'essai. Dans le cas de détecteurs à impulsions, par exemple des détecteurs à scintillation, il convient d'indiquer le taux de comptage plutôt que la constante de temps.

2.2.1.5.1 Equipement du laboratoire

Le système de mesure peut être évalué partiellement avec les moyens électroniques et l'ordinateur qui font partie du système global de mesure. Il sera toutefois souvent nécessaire d'ajouter des appareils électroniques de complément pour procéder à une évaluation détaillée du capteur. Etant donné les aptitudes limitées des oscilloscopes et des voltmètres, il est préférable d'utiliser un système informatisé de laboratoire apte à acquérir les données à haute vitesse (dix fois plus vite que les constantes de temps des jauges) et à les analyser tout en étant dotés de programmes de conversion des unités de données et de tableurs pour la présentation graphique. Avec le logiciel approprié, l'ordinateur de laboratoire peut aussi servir de spectromètre et fournir des analyses de Fourier des données mesurées.

2.2.1.6 Procédures d'essai

Les têtes de mesure doivent rester fixes à moins qu'il n'en soit spécifié autrement.

2.2.1.6.1 Essais de bruit électrique et d'instabilité à long terme

Ces essais doivent être effectués sans influence de la source de rayonnement ionisant. Cela peut être obtenu soit en fermant l'obturateur de la source, soit en retirant la source du sous-ensemble de mesure. Le bruit et la stabilité au niveau du préamplificateur peuvent être contrôlés à l'aide d'un ordinateur de laboratoire avec système d'acquisition de données ou par les fonctions automatiques d'acquisition incluses dans le système de mesure ou tout autre dispositif adapté au signal présent, au point de contrôle considéré et permettant la mesure du bruit. Certains systèmes sophistiqués possèdent des dispositifs de calcul automatique du bruit électrique sur des périodes de temps déterminées.

a) Bruit électrique

Pour échantillonner correctement le bruit de fond, l'ordinateur de laboratoire doit avoir un temps d'intégration ou une constante de temps qui ne dépasse pas $1/10$ du temps de réponse au point de mesure. Il est recommandé que le taux d'échantillonnage soit tel que l'intervalle entre les échantillons soit supérieur à trois fois le temps de réponse du système ($>3 \tau$) au point de mesure.

Pour un système à balayage, les essais de bruit électrique doivent être effectués en deux fois – la première avec des têtes de mesure fixes, et la deuxième avec le mécanisme de balayage en fonctionnement et les têtes se déplaçant normalement. Pour chacun de ces essais, au minimum 100 points de données doivent être collectés à la sortie du préamplificateur. Les moyennes et les écarts-types doivent être calculés à partir de ces données et exprimés en pourcentage de la pleine échelle.

2.2.1.5 *Test preparation*

After setting up the measuring head according to 2.2.1.2, the remainder of the measurement system to be tested shall be set up and standardized according to the manufacturer's specifications. This includes compensating sensors, and all hardware and software required for complete signal processing.

The measurement system shall be switched on and allowed to stabilize for a period specified by the manufacturer. The influence quantities described in 2.2.1.1 shall be monitored to ensure conformance (or to record deviation from the reference conditions) throughout the test period. The system response times shall be specifically noted on the test data sheet. In the case of counting detectors, for example scintillation detectors, the pulse rate should be given instead of a time constant.

2.2.1.5.1 *Laboratory equipment*

The measurement system can be partially evaluated by means of the electronics and computer that are part of the total measurement system. However, it will often be necessary to provide additional electronic equipment for a detailed sensor evaluation. A laboratory computer system capable of high speed data acquisition (10 times faster than the gauge time constants), data analysis and data units conversion programs, plus a spreadsheet program with graphics presentation capability, is preferred over the limited capability of oscilloscopes and voltmeters. With appropriate software, the laboratory computer can also serve as a spectrometer and provide Fourier analyses of measurement data.

2.2.1.6 *Test procedures*

The measuring heads shall be stationary unless otherwise specified.

2.2.1.6.1 *Electrical noise and long-term instability tests*

These tests shall be performed 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 subsystem. The noise and stability at the preamplifier may be monitored with a laboratory computer with data acquisition or by the automatic logging functions in the gauging system, or by any other device suitable for the signal present at the test point considered and permitting measurement of the noise. Some of the more sophisticated systems have provision for automatic calculation of electrical noise over specific time periods.

a) *Electrical noise*

To properly sample random noise, the laboratory computer shall have an integration time or time constant no greater than 1/10 of the response time at the point of measurement. The sampling rate should be such that the interval between samples is greater than three response times ($>3 \tau$) of the measurement system at the point of measurement.

For a scanning system, the electrical noise tests are to be conducted twice – first with the measuring heads stationary, and then with the scan drive mechanism running and the heads traversing in their normal manner. For each of these tests, a minimum of 100 data points are to be collected at the preamplifier output. The averages and the standard deviations shall be computed from these data, and expressed as percentages of full scale.

b) Instabilité électrique à long terme

L'instabilité électrique à long terme doit être contrôlée au préamplificateur à l'aide d'un ordinateur de laboratoire avec système d'acquisition de données, ou par les fonctions automatiques d'acquisition incluses dans le système de mesure, le temps d'échantillonnage étant réglé à 15 s maximum, l'intervalle de moyennage à 6 min et les données moyennées étant collectées toutes les 6 min sur une période d'au moins 10 h (au moins 100 points de données). La moyenne et les écarts-types sont à calculer et à exprimer en pourcentage de la pleine échelle.

2.2.1.6.2 Essais de bruit radiométrique et d'instabilité globale

Ces essais sont effectués avec l'obturateur de source ouvert et le système de mesure en plein fonctionnement. Les procédures d'essai doivent être les mêmes que celles qui sont décrites en 2.2.1.6.1. Les données sont aussi collectées à la sortie finale d'épaisseur ou de grammage, linéarisée et compensée, représentant une valeur nominale de zéro en unités du produit mesuré avec de petites fluctuations positives et négatives autour de cette valeur. Le bruit et la stabilité à long terme sont à évaluer. La jauge doit être réglée en mode de mesure continue sans tarage ni calibration périodiques.

2.2.1.6.3 Essais de fonctionnement critique

Ces essais doivent être effectués en vue de déterminer les caractéristiques de fonctionnement suivantes:

- a) linéarité ou non-linéarité de l'étalonnage;
- b) linéarité d'écart;
- c) étendue effective de mesure;
- d) reproductibilité de la mesure;
- e) bruit de mesure sur l'étendue de mesure effective.

Un jeu de 12 échantillons d'essai, sélectionnés en accord avec les dispositions de 2.2.1.3, est nécessaire. Il convient que l'échantillon le plus léger ait une masse par unité de surface (ou une épaisseur) qui corresponde approximativement à la limite inférieure de l'étendue de mesure effective. L'échantillon le plus lourd sera à peu près de 10 % supérieur à la limite supérieure du système. Les dix autres échantillons seront choisis de façon que leur épaisseur soit à peu près également distribuée entre ces deux limites. Ces échantillons, couvrant l'étendue de mesure en bords d'à peu près 10 %, sont désignés comme échantillons n° 0 à n° 11 par ordre croissant d'épaisseur. Peser et mesurer la surface de chaque échantillon en vue de déterminer la masse par unité de surface $W_0, W_1 \dots W_{11}$ en grammes par mètre carré (si cela n'est pas possible, l'épaisseur peut être exprimée en micromètres ou en millimètres).

NOTE – Si les échantillons d'essai n'ont pas un rapport masse/surface uniforme, il peut être nécessaire de marquer l'endroit de la surface effectivement mesurée sur chaque échantillon; après avoir terminé toutes les mesures d'essai, extraire et peser ces spécimens en vue de déterminer leur poids effectif par unité de surface. Une autre méthode, consistant à déplacer les échantillons dans le faisceau de mesure en vue d'obtenir une lecture de moyenne sur un grand échantillon, peut également être utilisée. Il y a lieu de noter, cependant, qu'il convient que les données de bruit du signal soient relevées avec chaque échantillon en position fixe.

Certaines applications peuvent nécessiter plusieurs têtes de mesure ou plusieurs configurations de mesure (plusieurs sources de rayonnement et/ou détecteurs) dans une tête de mesure donnée, pour obtenir l'étendue de mesure requise pour la grandeur à mesurer. Dans de tels cas, il convient que chacune des configurations de mesure soit essayée séparément, et chacune nécessite un jeu de 12 échantillons d'essai pour la partie de l'étendue de mesure qu'elle couvre.

Connecter un ordinateur de laboratoire possédant une fonction d'acquisition de données à chaque point test du système de mesure. Le système de mesure doit être complètement opérationnel, avec toutes ses utilités, régulateurs de température et autres éléments conditionneurs d'environnement en service. Toutes les constantes d'étalonnage et du

b) Long-term electrical instability

The long term electrical instability shall be monitored at the preamplifier with the laboratory computer and data acquisition system, or by the automatic logging function of the gauging system, with the sampling time set to a maximum of 15 s; averaging interval of 6 min, and averaged data collected every 6 min over a period of at least 10 h (at least 100 data points). The average and the standard deviations are to be computed and expressed as a percentage of full scale.

2.2.1.6.2 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 2.2.1.6.1. Data should also be collected on the linearized and compensated final mass per unit area or thickness output value, representing a value of nominally zero process units with small positive and negative fluctuations around this value. 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.

2.2.1.6.3 Critical performance tests

Tests shall be performed to determine the following performance characteristics:

- a) calibration linearity (or non-linearity);
- b) deviation measurement linearity;
- c) effective measurement range;
- d) measurement reproducibility;
- e) measurement noise over the effective measurement range.

A set of 12 test samples, selected in accordance with 2.2.1.3, are required. The lightest sample should have a mass per unit area (or thickness) that corresponds approximately to the lower limit of the system effective measurement range. The heaviest sample should be approximately 10 % greater than the system upper limit. The other ten samples should be selected so their thicknesses are approximately equally spaced between these extremes. These samples, covering the effective measurement range in roughly 10 % steps, are to be designated as samples No. 0 to sample No. 11 in order of increasing thickness. Weigh and measure the area of each sample to determine the mass per unit area $W_0, W_1 \dots W_{11}$ in grammes per square metre (or, if this is not practical, the thickness may be determined and expressed in micrometres or millimetres).

NOTE – If the test samples do not have a uniform weight/area, it may be necessary to mark the location of the effective measured area on each sample, and after completing all test measurements, extract and weigh these specimens to determine the effective mass per unit area. An alternative method of moving the samples in the measuring beam to obtain an average gauge reading on a large sample may also be used. Note, however, that the signal noise data should be taken with each sample in a stationary position.

Some applications may require multiple measuring heads, or multiple measurement geometries (multiple radiation sources and/or detectors) within a given measuring head, to achieve the measurement range needed for the quantity to be measured. In such cases, each of the measurement geometries is to be tested separately, and each requires a set of 12 test samples for the portion of the total range which it covers.

Connect a laboratory computer having data acquisition capability to each test point in the measurement system. The measurement system is to be made fully functional with all utilities, temperature controllers, and other environmental conditioning elements fully operational. All software and calibration constants are to be installed in agreement with the manufacturer's

logiciel sont installées conformément aux instructions d'étalonnage du fabricant des jauges. Les mêmes modèles d'étalonnage seront utilisés sur les ordinateurs de laboratoire, si nécessaire, afin de traiter toutes les données en unités de mesure du processus (grammage, épaisseur, etc). Compléter les préparations des essais selon 2.2.1.5.

Après le temps requis de chauffage et de stabilisation thermique, effectuer le tarage de la jauge d'épaisseur selon la procédure adoptée par le fabricant. Prélever les données pour chacun des 12 échantillons à la ligne de passe de référence. La fréquence d'acquisition des données et le temps de moyennage seront réglés selon les spécifications du fabricant, mais il est recommandé que la période soit comprise entre 5 s et 60 s. Chacun des échantillons sera lu trois fois. La moyenne de toutes ces lectures représente la lecture de la jauge pour chaque échantillon. Afin de s'assurer que la jauge ne dérive pas pendant cette série d'essais, on fera une mesure de référence entrefer vide (sans matériau) toutes les quatre ou cinq lectures. Cette mesure devrait indiquer une masse par unité de surface de $0 \pm$ la tolérance indiquée par le fabricant. Si ce n'est pas le cas, il conviendra de retarer la jauge et de recommencer les lectures.

a) Linéarité de la courbe d'étalonnage

L'absorption de rayonnement est une fonction non linéaire de l'épaisseur du matériau mesuré. Diverses techniques sont employées dans les systèmes de mesure pour linéariser le signal de sortie. Cette linéarisation peut être effectuée par des procédés de lissages analytiques, soit sur l'ensemble de l'étendue de mesure, soit sur des segments de cette étendue de mesure. Les modèles analytiques peuvent être soit des expressions linéaires (segments de ligne droite) soit des expressions non linéaires (par exemple polynômes, développements en série, etc.). Le résultat est que la sortie des systèmes de mesure au point de contrôle B_i , $B(W_i)$, sera approximativement une fonction linéaire des valeurs W_i de l'échantillon d'essai. Après linéarisation, la valeur de l'épaisseur ou de la masse par unité de surface indiquée s'exprime de la façon suivante (voir figure 3):

$$B(W_i) = a + bW_i$$

Pour déterminer l'erreur de linéarité relative, appliquer la méthode des moindres carrés à W_i correspondant à B_i ($i = 0, 1, \dots, 10$) à une ligne droite avec des facteurs de pondération en $(1/B_i)^2$. Ce facteur de pondération permet d'exprimer l'erreur en pourcentage. Déterminer l'écart-type.

$$SD = \sqrt{\sum_{i=0}^{10} [(B(W_i) - B_i) / B_i]^2 / 10}$$

L'écart type en pourcentage, à savoir $100 \cdot SD$, est la mesure du pourcentage de la non-linéarité de l'étalonnage du système de mesure. Un graphique représentant les points caractéristiques de $B(W_i)$ et de B_i en fonction de W_i doit être annexé au rapport sur les données de non-linéarité. Si l'erreur de linéarité n'apparaît pas clairement sur ce graphique, un graphique supplémentaire représentant une valeur caractéristique de $B(W_i) - B_i$ en fonction de W_i doit être inclus.

La relation entre B_i en fonction de W_i doit être développée en faisant référence à une ou plusieurs des conditions suivantes, telles que spécifiées par le fabricant.

Condition 1: Aucune entrée de la part de l'opérateur

Sur l'étendue de mesure spécifiée du système, l'essai de performance critique pour définir la relation entre W_i et B_i doit être effectué sans entrée de la part de l'opérateur ni changement des réglages.

Des échantillons de poids connu doivent être insérés, et le poids indiqué au point d'essai B sera enregistré.

calibration reports for the gauges. The same calibration models are to be used in the laboratory computers, when needed, so that all data is taken in process units (mass per unit area, thickness, etc.). Complete the test preparation in accordance with 2.2.1.5.

After the required warm-up and stabilization period, standardize the gauging system according to the manufacturer's procedure. Take data for each of the 12 samples at the reference passline. The data acquisition rate and the averaging period should be set up according to the vendor's specifications, but the period should be inside the range of 5 s to 60 s. Each sample should be read three times. The average of all of these readings represents the gauge reading for each sample. In order to assure that there is no gauge drift during this set of tests, there should be a reference reading taken on empty air gap (no sample) every four to five sample readings. This should indicate a mass per unit area or thickness of zero $\pm$ the manufacturer's stated tolerance. If this is not so, the gauge should be restandardized and all readings repeated.

a) Calibration linearity

Radiation attenuation is a non-linear function of measured material thickness. Various techniques are employed in measuring systems to linearize the output signal. This linearization may be accomplished by analytical curve fitting over either the entire measuring range, or over segments of the measuring range. The analytical models may be either linear expressions (straight line segments) or non-linear ones (such as polynomials, power series, etc.). The net result is that the measurement system output at test point B, $B(W_i)$, should be approximately linear with respect to the test sample input values W_i . After linearization, the expression for indicated mass per unit area or thickness will be of the form (see figure 3):

$$B(W_i) = a + bW_i$$

To determine the relative linearity error, least squares fit W_i against B_i ($i = 0, 1, \dots, 10$) to a straight line with a $(1/B_i)^2$ weighting function. The weighting function permits the error to be expressed on a percentage basis. Determine the standard deviation.

$$SD = \sqrt{\sum_{i=0}^{10} [(B(W_i) - B_i) / B_i]^2 / 10}$$

The percent standard deviation, $100 \cdot SD$, is the measure of percent non-linearity of the measurement system calibration. A graph representing the plots of $B(W_i)$ and B_i versus W_i shall be attached to the report with the non-linearity data. If the linearity error does not clearly show on this graph, an additional graph representing a plot of $B(W_i) - B_i$ versus W_i shall be included.

The relationship of B_i and W_i shall be developed with reference to one or more of the following conditions as specified by the manufacturer.

Condition 1: No operator inputs

Over the specified range of the system, the critical performance test to define the relationship of W_i , and B_i shall be conducted with no operator inputs or changes of settings.

Samples of known weight shall be inserted and the indicated weight, at test point B, will be recorded.

Condition 2: Affichage de l'épaisseur nominale

Les essais de linéarité doivent être effectués sur l'étendue de mesure du système sans entrée de la part de l'opérateur autre que les valeurs T_i , où T_i représente l'épaisseur ou masse surfacique nominale de l'échantillon d'essai, exprimée en unités client identiques à celle de B_i . Le fabricant doit déclarer l'étendue de mesure à l'intérieur de laquelle T_i peut tomber et indiquer le cas le plus défavorable de non-linéarité à l'intérieur de cette étendue de mesure.

Condition 3: Autres configurations

Si le système requiert d'autres entrées de la part de l'opérateur pour mesurer linéairement sur l'étendue de mesure spécifiée, le fabricant doit spécifier ces entrées et effectuer l'essai en conséquence.

b) Linéarité d'écart

Certains systèmes de mesure fonctionnent uniquement comme instruments d'écart et n'ont pas d'étalonnage absolu permanent. Dans ce cas, l'erreur de linéarité de la mesure de l'écart devient importante et la linéarité d'étalonnage définie dans les précédents paragraphes a peu de signification. Ces systèmes délivrent un signal de sortie pour le matériau mesuré qui est soit un écart en pourcentage soit un écart absolu par rapport à la valeur visée.

L'essai de la linéarité de l'écart consiste à régler le système de mesure pour lire l'écart zéro pour une valeur visée choisie d'épaisseur ou de grammage. Puis, sans modifier cette valeur de consigne, des échantillons d'essai de différentes valeurs sont mesurés et les signaux de sortie du système qui en résultent sont enregistrés. La différence entre la valeur réelle et la valeur indiquée pour chaque échantillon d'essai est l'erreur de linéarité d'écart.

Cet essai doit être conduit pour des valeurs de consigne situées dans toute l'étendue effective de mesure. Les échantillons W_1 à W_9 seront utilisés comme valeurs de consigne. Des échantillons complémentaires en quantité suffisante sont nécessaires pour permettre la détermination de l'erreur de linéarité pour des écarts de $\pm 10\%$ et $\pm 20\%$ par rapport à chacune des valeurs de consigne. L'erreur de linéarité d'écart doit être indiquée en tant que pourcentage de la valeur de la consigne pour chacun des écarts considérés.

c) Etendue de mesure effective

L'étendue de mesure effective d'un système de mesure est fonction de nombreux facteurs et sa définition est laissée au soin du fabricant. Ces facteurs incluent le bruit de mesure, la résolution limite due au bruit et la linéarité de l'étalonnage. Le fabricant doit également prendre en considération les effets à plus long terme des instabilités électriques et radiométriques qui ne sont pas entièrement compensées par le tarage. Dans de nombreuses applications, les facteurs de limitation majeurs peuvent être associés à la sensibilité du système de mesure aux grandeurs d'influence, telles que fluctuations de la tension du réseau, modifications de la température ambiante, déviations de l'alignement de la tête de mesure, variations de la ligne de passe et présence de matériaux étrangers.

d) Essais de reproductibilité

Ces essais doivent être accomplis en effectuant une série de mesures dans laquelle, chaque fois, le système de mesure passe par son cycle normal de tarage et un échantillon d'essai est mesuré. Les mesures doivent être effectuées selon la même méthode que dans l'essai de linéarité d'étalonnage de 2.2.1.6.3 a). Le temps de moyennage est à ajuster selon les recommandations du fabricant, habituellement entre 5 s et 60 s. Les essais doivent être réalisés avec les échantillons n° 1, 5 et 9, comme décrit en 2.2.1.6.3, ou d'autres échantillons convenables représentant 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue de mesure. Les valeurs mesurées sont appelées SA_{ij} et SB_{ij} , où i est l'identification de l'échantillon et j est le numéro de la lecture.

Effectuer les préparations d'essai précisées en 2.2.1.5. Effectuer le tarage du système, mesurer et enregistrer ensuite les signaux SA_{aj} et SB_{aj} correspondant à une absence d'échantillon d'essai (air uniquement) dans l'entrefer de mesure. L'étape suivante

Condition 2: Nominal thickness input

The linearity tests shall be conducted over the range of the system with no operator input other than values T_i , where T_i represents the nominal mass per unit area or thickness of the test sample expressed in customer units identical to that of B_i . The manufacturer shall state, for his system, that range within which T_i can fall, and report the worst case linearity deviation within that range.

Condition 3: Other set-ups

If the system requires other operator inputs to measure linearly over the specified operating range, the manufacturer shall specify those inputs and conduct the test accordingly.

b) Deviation measurement linearity

Some measurement systems operate only as deviation instruments and do not have permanent absolute calibrations. In that case, the linearity error of the deviation measurement becomes important, and calibration linearity as presented in the previous section has little meaning. These systems produce an output signal for the measured material which is either a percentage deviation or an absolute deviation from a target value.

The deviation linearity test consists of setting the measuring system to give zero deviation for a selected target mass per unit area or thickness. Then, without resetting the target value, test samples of different values are measured, and the resulting system outputs are recorded. The difference between the actual value and the indicated value for each test sample is the deviation linearity error.

This test shall be conducted for target values throughout the effective measurement range. Test samples W_1 to W_9 are to be used as target values. Sufficient additional samples are required to permit the determination of the deviation linearity error at deviations of $\pm 10\%$ and $\pm 20\%$ from each of the target values. The deviation linearity error shall be reported as a percentage of the target value for each of the deviations.

c) Effective measurement range

The effective measurement range of a measurement system is a function of many factors and is left to the manufacturer to define. These factors include the measurement noise, noise-limited resolution, and calibration linearity. The manufacturer shall also consider the longer term effects of electrical and radiometric instabilities which are not fully compensated for by standardization. In many applications, the major limiting factors may be associated with the sensitivity of the measurement system to influence quantities such as supply mains voltage fluctuations, ambient temperature changes, measurement head alignment deviations, pass line variations, and foreign material buildup.

d) Measurement reproducibility tests

These tests shall be accomplished by making a series of measurements in which each time the measurement system is put through its normal standardization cycle a test sample is measured. Measurements are to be taken the same way as in the 2.2.1.6.3 a) calibration linearity test. The averaging period should be as the vendor's specifications, typically 5 s to 60 s. The tests shall be performed with samples Nos. 1, 5, and 9, as specified in 2.2.1.6.3 or other suitable samples representing 10 %, 50 % and 90 % of the effective measurement range. The measured values are designated SA_{ij} and SB_{ij} , where i is the sample identification and j is the reading number.

Prepare for the test as specified in 2.2.1.5. Standardize the measuring system, then measure and record signals SA_{aj} and SB_{aj} , corresponding to no test sample (air only) in the measuring gap. Next, place test sample No. 1 on a sample holder at the reference pass line and carefully mark its exact position on the holder. Measure and record signals

consiste à placer l'échantillon d'essai n° 1 sur le support d'échantillon à la ligne de passe de référence et à marquer soigneusement sa position exacte sur le support. Mesurer et enregistrer les signaux SA_{11} et SB_{11} . Remplacer l'échantillon n° 1 par l'échantillon n° 5 (et ensuite par le n° 9), et répéter la procédure de marquage, de mesure et d'enregistrement. Répéter cette séquence d'essais dix fois, en incluant un tarage du système avant chaque mesure correspondant à l'entrefer d'air sans matériau. Les échantillons doivent être repositionnés de façon précise aux marques indiquées chaque fois qu'ils sont insérés en vue d'assurer que la mesure porte exactement sur le même point. La séquence complète d'essai consistera en un tarage du système de mesure à dix reprises et un enregistrement de 40 valeurs de donnée pour chaque point d'essai, accumulant ainsi les données:

$$SA_{ij}$$

$$SB_{ij}$$

où

$$i = a, 1, 5, 9$$

$$j = 1, 2 \dots 10$$

Les signaux aux points de contrôle A et B doivent être de base zéro. Cela signifie que SA_{ij} doit être à la valeur maximale et que le signal SB_{ij} correspondant à $W_i = \infty$ doit être à la valeur maximale. Cela peut ne pas être le cas pour certains systèmes. Dans ce cas, il y a lieu de corriger mathématiquement les données pour correspondre à ces critères.

Les valeurs de signal moyennes et les écarts-types sont calculés comme suit:

$$\overline{SA_i} = \frac{\sum_{j=1}^{10} SA_{ij}}{10}$$

$$\text{où } i = a, 1, 5, 9$$

$$\overline{SB_i} = \frac{\sum_{j=1}^{10} SB_{ij}}{10}$$

$$SDA_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SA_{ij} - \overline{SA_i})^2}{9}}$$

$$\text{où } i = a, 1, 5, 9$$

$$SDB_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SB_{ij} - \overline{SB_i})^2}{9}}$$

Exprimer la reproductibilité en unités client et en pourcentage de la lecture moyenne de l'échantillon mesuré.

e) Essais de bruit de mesure

Les essais de bruit peuvent être réalisés par l'évaluation de la sortie brute de la tête de mesure grâce à un ordinateur de laboratoire et un module d'acquisition de données; soit en utilisant l'électronique et le logiciel du système complet de mesure; soit les deux. Les essais avec ordinateur de laboratoire comme étant la technique principale d'évaluation sont recommandés, car cette approche offre une meilleure maîtrise de l'échantillonnage, du filtrage et des équations de moyennage que le système complet de mesure, et laisse la possibilité d'accéder au signal brut sans le moindre filtrage.

SA_{11} and SB_{11} . Replace sample No. 1 with sample No. 5 (and then No. 9) and repeat the marking, measuring and recording procedure. Repeat this sequence of test measurements 10 times, including system standardization before each air sample reading. The samples shall be accurately repositioned at the index marks each time they are inserted to ensure the same spot is being measured. The complete test sequence will result in standardization of the measurement system 10 times, and the recording of 40 data values at each test point, thus accumulating the data:

$$SA_{ij}$$

$$SB_{ij}$$

where

$$i = a, 1, 5, 9$$

$$j = 1, 2 \dots 10$$

The signals at test points A and B shall be zero based. That is, SA_{ij} shall be a maximum value and the signal SB_{ij} corresponding to $W_i = \infty$ shall be a maximum value. This may not be the case in some systems. If not, mathematically correct the data to correspond to this criterion.

The average signal values and standard deviations are calculated as follows:

$$\overline{SA_i} = \frac{\sum_{j=1}^{10} SA_{ij}}{10}$$

where $i = a, 1, 5, 9$

$$\overline{SB_i} = \frac{\sum_{j=1}^{10} SB_{ij}}{10}$$

$$SDA_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SA_{ij} - \overline{SA_i})^2}{9}}$$

where $i = a, 1, 5, 9$

$$SDB_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SB_{ij} - \overline{SB_i})^2}{9}}$$

Express thickness reproducibility in process measurement units and in percent of the average sample weight reading.

e) Measurement noise test

The noise test can be performed by evaluating the raw sensor head output with a laboratory computer with a data acquisition module; by using the full measurement system electronics and software, or by using both. Testing with a laboratory computer as the key evaluation technique is recommended, since this approach offers better control of the sampling, filtering, and averaging equations than the full system, and also gives a chance to access raw data without any filtering at all.

1) Utilisation d'un ordinateur de laboratoire avec module d'acquisition de données pour évaluer le bruit au niveau de la tête de mesure.

- Connecter l'ordinateur de laboratoire à la sortie du préamplificateur de la tête de mesure ainsi qu'aux différents capteurs de compensation, si nécessaire.
- Préparer des échantillons de contrôle d'au moins trois grammages différents, par exemple les échantillons n° 1, 5 et 9 (voir 2.2.1.6.3c).
- Effectuer le tarage de la jauge.
- Il convient que l'ordinateur soit programmé pour la linéarisation du signal de mesure sur toute la gamme et que des constantes correctes de calibration soient introduites.
- Il convient que le module d'acquisition de données ait des constantes de temps de filtrage ou des temps d'intégration nettement inférieurs ($<1/10$) à la constante de temps de la tête de mesure.
- L'intervalle d'acquisition de données sera nettement supérieur (>3 fois) à la constante de temps de la tête de mesure.
- La programmation ne moyennera pas, mais uniquement convertira chaque point de donnée brute en un point de donnée linéarisée d'épaisseur ou de grammage.
- Collecter au moins 100 points de données par échantillon, et calculer la moyenne et l'écart-type pour chacun de ces échantillons, exprimés en unités d'épaisseur ou de grammage. Calculer également le bruit en pourcentage en divisant l'écart-type de chaque échantillon par la valeur moyenne lue, et en multipliant le résultat par 100.

NOTE – Pour des échantillons très légers, ce pourcentage tend à devenir très grand, par conséquent le bruit pour les échantillons très légers ou à entrefer vide peut être exprimé en unités d'épaisseur ou de grammage.

2) Essais de bruit réalisés par le système complet de mesure

- Régler le système pour mesurer et enregistrer ou montrer les points de mesure d'épaisseur ou de grammage à la plus haute fréquence possible. Chaque point peut être la moyenne de plusieurs valeurs de conversion de données brutes, mais aucun autre traitement, filtrage ou lissage du signal n'est permis.
- Enregistrer l'intervalle de temps entre les points de données et la constante de temps du système
- Effectuer le tarage de la jauge.
- Utiliser au moins trois échantillons de contrôle, par exemple les échantillons n° 1, 5 et 9.
- Pour chaque échantillon de contrôle, collecter au moins 10 s de données et au minimum 100 points de données (mais pas plus de 30 s pour éviter l'influence d'une quelconque dérive).
- Calculer la moyenne et l'écart-type pour chaque échantillon, exprimés en unités client.
- Calculer le bruit en pourcentage en divisant l'écart-type de chaque échantillon par la valeur moyenne, et en multipliant le résultat par 100.

NOTE – Pour des échantillons très légers, ce pourcentage tend à devenir très grand; par conséquent le bruit pour les échantillons très légers ou à entrefer vide peut être exprimé en unités d'épaisseur ou de grammage.

2.2.1.6.4 Temps de restitution

Le temps de restitution doit être déterminé par l'introduction du matériau à mesurer dans l'entrefer de mesure et par l'observation de la réponse du système de mesure aux points de contrôle A et B. Deux essais seront effectués: le premier en passant d'une épaisseur nulle (absence de matériau) à une épaisseur correspondant approximativement à 10 % de l'étendue de mesure effective; le second, en passant de l'épaisseur nulle à une épaisseur correspondant approximativement à 90 % de l'étendue de mesure. Chaque essai doit être effectué au moins trois fois. Les temps nécessaires pour que les signaux de mesure atteignent et restent dans

1) Using a laboratory computer with data acquisition module to evaluate noise at the sensor head.

- Connect the lab computer to the measurement head preamplifier output and to appropriate compensation sensors, if required.
- Provide check samples of at least three different weights, typically samples Nos. 1, 5 and 9 (see 2.2.1.6.3c).
- Standardize the gauge.
- The computer should have programs for full-range linearization of the measurement signal, and proper calibration constants should be entered.
- The data acquisition module should have filtering time constants or integration periods which are significantly shorter ($<1/10$) than the measuring head time constant.
- The data acquisition interval should be set significantly longer (>3 times) than the measuring head time constant.
- The programs should provide no averaging, but only convert each raw data point to linearized mass per unit area or thickness units data points.
- Collect at least 100 data points per check sample and calculate the average and the standard deviation for each sample, expressed in mass per unit area or thickness units. Also calculate the percentage noise by dividing the standard deviation for each sample by the sample average reading value and multiply the result by 100.

NOTE – For very light weight samples, this percentage tends to become very large; therefore, for very lightweight samples and empty air gap, the noise may be expressed in mass per unit area or thickness units.

2) Noise test performed in the full system environment

- Set the system to measure and record, or present mass per unit area or thickness data points at the highest possible rate. Each data point may be an average of several raw data conversion values, but no further processing, smoothing or filtering of the data is permissible.
- Record the time interval between the data points and the system time constant.
- Standardize the gauge.
- Use at least three different check samples, typically Nos. 1, 5 and 9.
- For each check sample, collect at least 10 s of data and a minimum of 100 data points (but no more than 30 s to avoid any drift contribution).
- Calculate the average and standard deviation for each sample set, expressed in process measurement units.
- Calculate the percentage noise by dividing the standard deviation for each sample by the average value, and multiply by 100.

NOTE – For very light weight samples, this percentage tends to become very large; therefore, for very light weight samples and empty air gap, the noise may be expressed in mass per unit area or thickness units.

2.2.1.6.4 Recovery time

The recovery time shall be determined by introducing measured material into the measuring gap, and observing the response of the measurement system at test points A and B. Two tests shall be conducted: one from zero thickness (no measured material) to a thickness of approximately 10 % of the effective measurement range; the other from zero thickness to approximately 90 % of the effective measurement range. Each test shall be conducted a minimum of three times. The times required for the measurement signals to reach and

leur bande de bruit statistique à $\pm 2 \sigma$ doivent être moyennés, et enregistrés comme étant le temps de restitution du système dans chacun des deux cas.

Le temps nécessaire pour introduire la variation échelon de matériau à mesurer doit être d'au moins 10 fois inférieur au temps de restitution du système, si cela est réalisable.

2.2.1.6.5 Temps de réponse et temps d'établissement moyens

Le temps de réponse et le temps d'établissement moyens doivent être déterminés en effectuant une variation échelon positive et négative du matériau mesuré dans l'étendue de mesure et en observant la réponse du système de mesure effective aux points de contrôle A et B, ou à leurs équivalents, en utilisant un équipement d'essai convenable. Les essais doivent être effectués en insérant dans l'entrefer de mesure un échantillon d'essai et en l'enlevant très rapidement. L'échantillon peut être placé sur un disque en rotation ou quelque autre moyen permettant une modification qui, par rapport au temps de réponse du système de mesure en cours d'essai, est plus rapide d'un facteur d'au moins 10. L'agencement des essais inclura, si nécessaire, un détecteur optique de passe ou de présence pour marquer le temps auquel intervient le changement dans la quantité mesurée. Si nécessaire, une collimation en forme de fente peut être placée dans le faisceau de rayonnement en vue de réduire la surface mesurée et d'effectuer la variation échelon dans le temps requis.

L'équipement souhaitable pour ces essais comprend des convertisseurs analogiques/numériques, des enregistreurs à grande vitesse, des oscilloscopes et des appareillages numériques de mémorisation des sorties en temps réel qui peuvent être ultérieurement imprimés. Le temps de réponse de l'équipement d'essai doit être inférieur d'un facteur d'au moins 10 du temps de réponse moyen du système de mesure aux points d'essais.

Un minimum de trois enregistrements, représentations photographiques de traces oscillographiques ou sorties de l'imprimante seront moyennés en vue de déterminer:

valeur initiale stable:

niveau du signal moyen antérieur à l'insertion ou à l'enlèvement de l'absorbeur;

valeur finale stable:

niveau du signal moyen après au moins cinq fois le temps de réponse suivant l'insertion ou l'enlèvement de l'absorbeur;

variation échelon:

valeur finale stable – valeur initiale stable.

Temps de réponse moyen: voir définition donnée en 1.3.24.1.

Un enregistrement ou un graphique caractéristique doit être annexé aux données de temps de réponse moyen.

Temps d'établissement moyen: voir définition donnée en 1.3.24.2.

Un enregistrement ou un graphique caractéristique doit être annexé aux données de temps d'établissement moyen.

2.2.1.6.6 Aires de mesure

L'«aire totale de mesure» est importante si l'on considère la présence admissible et l'éventuelle interaction de grandeurs d'influence potentielles, telles que supports d'échantillon, bords des feuilles de matériaux mesurés, montage de guides et barrières protectrices, ainsi que la proximité d'autres capteurs ou dispositifs mécaniques.

L'«aire effective de mesure» est celle qui est la plus représentative en ce qui concerne la moyenne d'épaisseur du matériau mesuré (masse/surface) et doit être connue si des échantillons appropriés de matériaux non homogènes sont préparés pour être utilisés à des fins de mesure lors d'un étalonnage statique. L'aire de mesure effective est également importante pour la simulation par modèle de la mesure au cours des études de temps de réponse et autres considérations dynamiques.

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 shall be at least a factor of 10 less than the system recovery time, if this can be achieved.

2.2.1.6.5 *Mean response and settling time*

The mean response and the mean settling time shall be determined by introducing a positive and negative step change of the measured material within the effective measurement range, and observing the response of the measurement system at test points A and B, or their equivalents, using suitable test equipment. The tests shall be performed by very quickly inserting and removing a test sample in the measuring gap. The sample may be placed on a rotating disk or other means which will permit the change to occur at least 10 times more quickly than the response of the measurement system under test. The test fixture shall include, if necessary, an optical edge or slot detector to mark the time at which the step change in measured quantity occurs. If required, a slotted aperture may be placed in the radiation beam to reduce the measured area, and facilitate achieving the step change in the required time.

The suitable test equipment for these tests includes A/D converters, high-speed recorders, oscilloscopes, and real-time digital read-out storage devices which may be printed out at a later time. The response time of the test equipment shall be at least a factor of 10 less than the mean response time of the measuring system for test points

A minimum of three recordings, oscilloscope trace photographs, or printouts shall be averaged to determine:

initial steady state value:

average signal level prior to the insertion or removal of the absorber;

final steady state value:

average signal level at least five response times after the insertion or removal of the absorber;

step variation:

final steady state value – initial steady state value.

Mean response time: see definition in 1.3.24.1.

A typical recording or graph shall be attached together with the mean response time data.

Mean settling time: see definition in 1.3.24.2.

A typical recording or graph shall be attached together with the settling time data.

2.2.1.6.6 *Measurement areas*

The "total measurement area" is important when considering the permissible location and possible interaction of potential influence quantities such as sample holders, the edges of the sheet materials being measured, mounting of guides and protective barriers, and the proximity of other sensors or mechanical structures.

The "effective measurement area" is that which is the most representative for the average measured material thickness, and shall be known if appropriate samples are prepared of non-homogeneous materials to correlate with the instrument readings for static calibration. The effective measurement area is also important for analytical modelling of the measurement in response time studies, and other dynamic considerations.

L'une et l'autre de ces aires de mesure peuvent être fonction de l'épaisseur du matériau mesuré et de la ligne de passe de mesure. Pour les besoins de la présente norme, les essais d'aire de mesure doivent être conduits avec les échantillons n° 0 (W_0) et n° 10 (W_{10}) (voir 2.2.1.6.3) positionnés à la ligne de passe de référence.

a) Aire totale de mesure

Deux méthodes peuvent être employées pour déterminer l'aire totale de mesure. La première méthode peut être utilisée avec n'importe quel échantillon. L'échantillon d'essai est maintenu fixe à la ligne de passe de référence. Un second absorbeur, d'au moins une demi-épaisseur, est placé dans l'entrefer de mesure en contact glissant avec l'échantillon de mesure du côté du détecteur. Le second absorbeur est retiré du faisceau de mesure et ensuite glissé lentement de nouveau dans le faisceau jusqu'à ce que la première modification détectable intervienne dans le signal de mesure (par exemple un changement d'intensité du rayonnement de 0,1 % de l'intensité totale ou d'un petit multiple de la limite de résolution du système due au bruit). Marquer la position du bord de l'absorbeur. Répéter l'insertion de cet absorbeur dans différentes directions jusqu'à ce que suffisamment de points soient déterminés permettant d'établir la forme et les dimensions de l'aire totale de mesure.

La seconde méthode est réservée aux échantillons uniformes de matériaux homogènes. L'échantillon d'essai est placé à la ligne de passe de référence puis retiré lentement jusqu'à ce que le premier changement détectable dans le signal intervienne. Le bord de l'échantillon identifie alors la limite extérieure de l'aire de mesure. Répéter cette procédure dans différentes directions jusqu'à ce que suffisamment de points soient déterminés de façon à pouvoir établir la forme et les dimensions de l'aire totale de mesure.

b) Aire effective de mesure

L'aire effective de mesure est évaluée par approximation d'une manière semblable à la seconde méthode décrite ci-dessus. Pour cet essai, l'absorbeur glissant doit être opaque au faisceau de rayonnement (facteur de transmission $< 0,01$). L'échantillon d'essai étant maintenu fixe à la ligne de passe de référence, glisser l'absorbeur opaque dans le faisceau de rayonnement, le long de l'échantillon d'essai du côté du détecteur, jusqu'à ce que le signal de mesure au point de contrôle A soit réduit de 5 %. Marquer la position du bord de l'absorbeur. Répéter cette mesure dans différentes directions jusqu'à ce que suffisamment de points soient déterminés permettant d'établir la forme et les dimensions de l'aire de mesure résultante. Cette aire contiendra approximativement 75 % du faisceau de mesure et constituera une approximation raisonnable de l'aire de mesure effective.

2.2.1.6.7 Résolution statique des stries

Dans la plupart des applications industrielles de mesure, il est important de pouvoir détecter la présence de stries qui se créent accidentellement dans le produit en cours de fabrication. Il est généralement plus important de savoir qu'une strie existe que de pouvoir mesurer avec une grande précision son amplitude. Cet essai permet de déterminer l'aptitude limite à la détection de stries qui sont plus étroites que la largeur de l'aire de mesure du capteur considéré.

Utiliser les échantillons d'essai n° 1, 5 et 9, comme décrit en 2.2.1.6.3. ou confectionner trois échantillons d'essai en utilisant un produit de base homogène, qui représente 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue effective de mesure. Faire des bandes du même matériau d'épaisseur ou de grammage environ égal à 10 % de l'épaisseur du produit de base, si possible, pour représenter les irrégularités du produit. Il convient que les largeurs de ces bandes soient des fractions ou des multiples entiers de la largeur de l'aire totale de mesure. Par exemple, si x est la largeur de l'aire totale de mesure, faire des stries de largeur $0,1 x$, $0,2 x$, ..., $0,9 x$, x et $2 x$. Pendant les mesures, ces bandes peuvent être placées sur les échantillons d'essai une à la fois, ou bien peuvent être fixées adjacentes les unes aux autres, en laissant entre elles un espace suffisant pour qu'il n'y ait aucune interaction de mesure entre les bandes adjacentes.

Both of these measurement areas may be a function of the measured material thickness and the measurement pass line. For purposes of this standard, the measurement area tests shall be conducted with test samples No. 0 (W_0) and No. 10 (W_{10}) (see 2.2.1.6.3) located at the reference pass line.

a) Total measurement area

Two methods may be employed to determine the total measurement area. The first method may be used with any sample. The test sample is held stationary at the reference pass line. A second absorber, of at least a half-thickness, is placed in the measuring gap in sliding contact with the test sample on the detector side. The second absorber is withdrawn from the measuring beam, and then slowly slid back into the beam until the first detectable change in measurement signal occurs (for example a radiation intensity change of 0,1 % of full scale intensity or a small multiple of the system noise-limited resolution). Mark the position of the absorber edge. Repeat the insertion of this absorber from different directions until enough points are determined to establish the shape and dimensions of the total measurement area.

The second method is restricted to uniform samples of homogeneous materials. The test sample is placed at the reference pass line, and slowly withdrawn from the measuring beam until the first detectable change in signal occurs. The edge of the sample then identifies the outer extremity of the measurement area. Repeat this procedure from different directions until enough points are determined to establish the shape and dimensions of the total measured area.

b) Effective measurement area

The effective measurement area is approximated in a manner similar to the second method above. For this test, the sliding absorber shall be opaque to the radiation beam (transmittance $<0,01$). With the test sample held stationary at the reference pass line, slide the opaque absorber into the radiation beam, along the detector side of the test sample, until the measurement signal at test point A is reduced by 5 %. Mark the position of the absorber edge. Repeat this measurement from different directions until enough points are determined to establish the shape and dimensions of the resulting measurement area. This area will contain approximately 75 % of the measuring beam, and will be a reasonable approximation of the effective measurement area.

2.2.1.6.7 Static streak resolution

In most industrial measurement applications, it is important to be able to detect the presence of streaks in the process material which have accidentally developed. It is usually more important to know that a streak exists than it is to be able to accurately quantify its magnitude. This test is to determine the limiting capability to resolve process streaks which are more narrow than the width of the measurement area of the sensor involved.

Use test samples Nos. 1, 5, and 9 as specified in 2.2.1.6.3, or make three test samples by using a homogeneous base material which represents 10 %, 50 % and 90 % of the effective measurement range. Make strips of the same materials which are approximately 10 % of the base material mass per unit area or thickness, if possible, to represent product irregularities. The widths of the strips should be in fractional and whole multiples of the width of the total measurement area. For example, if x is the width of the total measurement area, make strips of $0,1 x$, $0,2 x$, ..., $0,9 x$, x , and $2 x$. During measurement, these strips may be placed on the test samples one at a time, or they may be attached adjacent to each other with sufficient space between strips so that there is no measurement interaction between adjacent strips.

Placer les échantillons d'essai à la ligne de passe de référence et les positionner de façon appropriée pour obtenir des lectures précises du matériau de base et les lectures maximales pour chacune des bandes ajoutées. Répéter chaque lecture plusieurs fois et moyenner les résultats pour minimiser les effets du bruit nucléaire. Il convient que des stries simulées de largeur x et $2x$ donnent des lectures identiques et représentent précisément l'épaisseur vraie de toutes les stries d'essai pour chacun des trois échantillons d'essai de matériaux de base. Exprimer l'épaisseur indiquée pour chaque strie de largeur inférieure à x en pourcentage de la vraie valeur. Préparer un graphique avec la réponse en pourcentage en ordonnée et la largeur de strie en abscisse pour chacun des trois échantillons d'essai. Cela quantifie clairement la capacité à détecter des stries de différentes largeurs sur des matériaux de base d'épaisseur différentes en condition statique avec les capteurs du système.

2.2.1.6.8 *Longueur de résolution géométrique du système*

La longueur de résolution géométrique est un paramètre dynamique fonction de l'aire de mesure effective, du temps de réponse du système, de la vitesse d'exploration et, dans une certaine mesure, de l'épaisseur du matériau mesuré. L'utilisateur peut spécifier le temps de réponse, la vitesse d'exploration et l'épaisseur du produit, et demander au fabricant de fournir la longueur de résolution géométrique. Autrement, ces essais seront effectués sur place comme spécifié en 2.4.

2.2.1.6.9 *Essai de transfert de calibration*

Il convient que les calibrations de jauges qui ont été finement ajustées et vérifiées comme étant précises soient transférables d'un capteur à un autre du même type sans perte de précision. Cela est extrêmement important pour des raisons de maintenance quand un composant défectueux dans un capteur est remplacé ou quand un autre capteur est substitué au capteur d'origine. C'est également important pour les installations qui ont de multiples capteurs sur une ligne ou des lignes multiples avec des capteurs identiques de sorte qu'il est simplement nécessaire d'optimiser et de vérifier la calibration sur un capteur puis de la transférer sur tous les autres capteurs. Il convient que tous les capteurs soient modifiables ou remplaçables sans qu'il soit nécessaire de procéder à de longs et coûteux échantillonnages, à de nouvelles recherches de corrélation et à des recalibrations.

La procédure d'essai pour déterminer la transférabilité de la calibration entre deux capteurs est la suivante:

- a) lire la série complète des échantillons de référence sur le capteur A (voir 2.2.1.6.3 c));
- b) répéter les mêmes lectures pour le capteur B;
- c) calculer l'erreur en grammage ou en épaisseur entre les lectures des capteurs A et B pour chaque échantillon.

Il convient que cette valeur d'erreur de chaque échantillon ne dépasse pas les limites données par le fabricant ou d'autres limites acceptées.

2.2.1.6.10 *Dispositifs de diagnostic*

Le fabricant publiera les dispositifs de diagnostic du système de mesure.

2.2.2 *Grandeurs d'influence et essais*

Les essais en laboratoire concernant les effets des grandeurs d'influence sur les caractéristiques de performance du système de mesure utilisent les mêmes points de contrôle et échantillons d'essai que ceux qui sont employés en 2.2.1. Toutes les grandeurs d'influence, sauf celle qui est étudiée, doivent rester dans les conditions de référence spécifiées en 2.2.1.1 et 2.2.1.2. Si des moyens sont prévus dans le système de mesure pour compenser automatiquement certaines erreurs causées par les grandeurs d'influence, la valeur des erreurs avant et après compensation sera précisée, et les moyens de compensation seront identifiés. Ces moyens de compensation peuvent inclure un tarage périodique du système de

Suspend the test samples at the reference pass line, and move them to appropriate positions so as to obtain accurate readings of the base material and the maximum readings for each of the added strips. Repeat each of the readings several times and average the results to minimize the effects of nuclear noise. Simulated streaks of width x and $2x$ should read the same, and accurately represent the true thickness of all the test streaks for each of the three base material samples. Express the indicated thickness of each of the streaks having widths less than x as a percent of their true weight value. Prepare a graph with the percent response as the ordinate, and the streak width as the abscissa for each of the three test samples. This clearly quantifies the ability to detect streaks of different widths on different thickness base materials under static conditions with the system sensors.

2.2.1.6.8 *System geometrical resolution length*

The geometrical resolution length is a dynamic parameter which is a function of the effective measurement area, system response time, the scanning speed, and, to some degree, the measured material thickness. The user may specify the response time, the scanning speed, and the product thickness, and request the manufacturer to provide the geometrical resolution length. Otherwise these tests are made on-site as specified in 2.4.

2.2.1.6.9 *Calibration transfer test*

Gauge calibrations, which have been fine tuned and verified to be accurate, should be able to be transferred from one sensor to another of the same type without loss of precision. This is extremely important for service purposes when a defective component in a sensor is replaced, or another sensor is substituted to replace the original one. It is also important for installations that have multiple sensors on a process or multiple processes with similar sensors so that calibration only needs to be optimized and verified on one sensor, and then transferred to all the other sensors. All sensors should be able to be modified or replaced without the need for expensive and time consuming sampling, new correlation studies, and recalibration.

The test procedure for determining calibration transferability between two sensors is:

- a) read the full series of standard samples in sensor A (see 2.2.1.6.3 c));
- b) repeat the sample readings for sensor B;
- c) calculate the error in mass per unit area or thickness readings between sensor A and sensor B for each sample.

The error value for each and every sample should not exceed the manufacturer's stated limits or other agreed upon limits.

2.2.1.6.10 *Diagnostic features*

The manufacturer shall publish the diagnostic features of the measurement system.

2.2.2 *Influence quantities and tests*

Laboratory tests for the effects of influence quantities upon a measuring system performance characteristics make use of the same test points and test samples as employed in 2.2.1. All influence quantities, except the one under consideration, shall remain under the reference conditions specified in 2.2.1.1 and 2.2.1.2. If means are provided in the measuring system to automatically compensate some of the errors caused by influence quantities, the value of the errors before and after compensation is evaluated, and the means of compensation is to be identified. These means of compensation may include periodic standardizing of the

mesure, une mesure de la température et sa compensation, une mesure du profil de balayage avec compensation, et d'autres moyens. Les résultats d'essai en laboratoire doivent être accompagnés d'une documentation.

2.2.2.1 Essais portant sur l'alimentation secteur

Les effets dus aux modifications de l'alimentation secteur doivent être déterminés conformément à 5.10 de la CEI 359 (voir annexe A).

2.2.2.2 Essais portant sur la température ambiante

Les têtes de mesure doivent être placées dans une étuve et les niveaux de signal correspondant au rayonnement maximal (en l'absence d'échantillon) doivent être mesurés aux points de contrôle A et B avec un ordinateur de laboratoire ou avec le système de mesure complet. Les essais seront conduits à des températures approximatives de 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C et 110 °C; on doit rester à chaque température pendant le temps nécessaire pour parvenir à un état d'équilibre. Il convient que l'étuve soit capable de produire des variations de température ambiante d'au moins 10 °C en 5 min. Le niveau du signal doit être mesuré en permanence, même durant les changements de température, pour évaluer les effets des gradients thermiques. Il convient que tous les contrôles environnementaux et les capteurs de compensation soient opérationnels pendant l'essai. Les signaux et les erreurs provoqués par la variation de température avant et après toute compensation doivent être enregistrés. Si une quelconque de ces températures est trop élevée pour l'équipement en cours d'essai, il convient que le fabricant le signale dans le rapport sur les résultats des essais en laboratoire.

2.2.2.3 Essais d'humidité ambiante

Les têtes de mesure doivent être placées dans un environnement d'approximativement 10 %, 50 % et 90 % d'humidité relative jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit obtenu. Les effets doivent en être déterminés et enregistrés ainsi qu'il est décrit en 2.2.2.2.

2.2.2.4 Essais de mauvais alignement des têtes de mesure

Ces essais sont particulièrement importants pour les systèmes de mesure en transmission dans le cas où la tête de mesure est montée sur un mécanisme de balayage qui ne maintient pas, en général, un alignement parfait de ces têtes.

Les essais doivent être effectués au début en disposant les têtes selon les spécifications du fabricant.

Effectuer le tarage du système de mesure. Lire et enregistrer le niveau de signal au point de contrôle B en l'absence d'échantillon dans l'entrefer de mesure et avec des échantillons d'essai correspondant à 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue de mesure effective (échantillons d'essai n° 1, 5 et 9). Les erreurs de mesure d'épaisseur (point de contrôle B) doivent être exprimées en tant que pourcentage du matériau mesuré.

Désaligner ensuite les têtes de 1 mm, 2 mm et 4 mm dans trois directions orthogonales. Si le désalignement maximal prévu dans une condition de mesure est supérieur à 4 mm, le désalignement maximal doit également être essayé. Opérer une lecture et un enregistrement des erreurs avec et sans nouveau tarage de la jauge à chaque position de la tête. Les trois directions orthogonales doivent être désignées comme suit:

- désalignement en direction X: direction le long du matériau;
- désalignement en direction Y: direction de balayage du mécanisme de déplacement (en travers du matériau);
- désalignement en direction Z: dans la direction du faisceau de rayonnement.

NOTE – Pour ces essais, des écarts d'alignement de 1 mm, 2 mm et 4 mm sont les valeurs souhaitées dans chacune des trois directions orthogonales. Cependant, si le plus grand des désalignements des têtes de mesure prévu dans une direction, dans une quelconque condition de mesure, ne correspond pas à cette gamme, des substitutions peuvent être faites, basées sur l'écart maximal prévu. Trois nouvelles valeurs dans le même rapport 1:2:4 de la valeur maximale prévue peuvent être substituées aux valeurs souhaitées.

measurement system, temperature sensing and compensation, scan profile measurement and compensation, and others. The laboratory test results are to be documented.

2.2.2.1 *Mains supply voltage tests*

Effects due to mains supply voltage changes shall be determined in accordance with IEC 359 (see annex A).

2.2.2.2 *Ambient temperature tests*

The measuring heads shall be placed in an oven and the full radiation (no samples) signal levels shall be monitored at test points A and B with a laboratory computer or with the full measurement system. Tests are to be conducted at approximate temperatures of 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C, and 110 °C, remaining at each temperature for a period of time required for the measurement signal to reach equilibrium. The oven should be capable of an ambient temperature change rate of at least 10 °C per 5 min. Signal levels are to be monitored continuously, even during temperature changes, to evaluate the effects of thermal gradients. All environmental controls and compensating sensors should be operational during these tests. The signals and the errors caused by the temperature change before and after any compensation shall be recorded. If any other temperatures are appropriate for the equipment being tested, the manufacturer should state this on the laboratory test results report.

2.2.2.3 *Ambient humidity tests*

The measuring heads shall be placed in an environment of approximately 10 %, 50 % and 90 % relative humidity for a period of time required for the measurement signal to reach equilibrium. The effects shall be determined and recorded as described in 2.2.2.2.

2.2.2.4 *Measuring head misalignment tests*

These tests are particularly important for a transmission type measurement system where the measuring head will be mounted on a traversing mechanism which does not, in general, maintain a perfect alignment of the heads.

The tests shall be performed initially by setting up the heads to the manufacturer's specifications.

Standardize the measurement system. Read and record the signal level at test point B for no sample in the measuring gap, and with test samples corresponding to 10 %, 50 %, and 90 % of the effective measurement range (test samples Nos. 1, 5 and 9). The thickness measurement errors (test point B) shall be expressed as percentages of the measured material.

Then misalign the heads by 1 mm, 2 mm and 4 mm in three orthogonal directions. If the maximum expected misalignment under any measuring condition is greater than 4 mm, the maximum misalignment shall also be tested. Read and record the errors with and without restandardizing the gauge at each head position. The three orthogonal directions shall be designated as follows:

- X direction misalignment: in the direction of the measured material process flow;
- Y direction misalignment: in the scanning direction of the traversing mechanism (cross-process direction);
- Z direction misalignment: in the direction of the radiation beam.

NOTE – For these tests, misalignment offsets of 1 mm, 2 mm and 4 mm are the preferred values in each of the three orthogonal directions. However, if the greatest measuring head misalignment to be expected in any direction, under any measuring condition, does not fit this range, substitutions may be made based upon the maximum offset which can be expected. Three new values for offsets which are in the same ratios of 1:2:4 of the maximum expected values may be substituted for the preferred values.

2.2.2.5 *Essais de la ligne de passe de l'échantillon*

Les niveaux de signal sont mesurés et enregistrés aux points de contrôle A et B pour les échantillons d'essai n° 1, 5 et 9, à différentes lignes de passe. Des données doivent être relevées pour un nombre suffisant de lignes de passe de manière à caractériser les réponses de mesure sur l'ensemble de l'entrefer de mesure ou la partie de l'entrefer spécifiée par le fabricant. Les lignes de passe et la dimension de l'entrefer de mesure seront spécifiées en millimètres.

Les effets radiométriques de la ligne de passe (point de contrôle A) doivent être exprimés en pourcentage du signal de pleine intensité radiométrique (en l'absence d'échantillon); les erreurs de mesure (point de contrôle B) dues aux modifications de la ligne de passe doivent être exprimées en pourcentage de l'épaisseur des échantillons d'essai (ou de la masse par unité de surface). Si l'erreur est non linéaire, elle peut être représentée graphiquement.

2.2.2.6 *Essais relatifs aux matériaux étrangers (poussière sur les fenêtres)*

2.2.2.6.1 *Effets des matériaux étrangers*

La présence de matériaux étrangers est simulée en plaçant des films minces de polyester sur les fenêtres du bloc émetteur et du bloc récepteur. Les niveaux de signal au point de contrôle B sont mesurés et enregistrés pour les échantillons de mesure n° 1, 5 et 9 à la ligne de passe de référence, en l'absence de matériaux étrangers simulés sur les fenêtres de la tête de mesure. Sans procéder à un tarage ou à une compensation du système de mesure, répéter ces mesures à trois reprises avec les fenêtres des deux ensembles couvertes d'un film de polyester de 10 g/m², de 20 g/m² et finalement de 50 g/m². La même série d'essais doit être répétée avec un nouveau tarage et toute autre compensation incorporée, permis entre chaque condition d'essai. Toutes les mesures ainsi que les erreurs sont enregistrées.

NOTE – Si le film de polyester ne représente pas correctement le matériau étranger à simuler, il convient de choisir des matériaux plus appropriés.

2.2.2.6.2 *Essais de l'efficacité d'évacuation des matériaux étrangers*

L'accumulation de quantités même très petites de matériaux étrangers sur les fenêtres du capteur entre les cycles de tarage peut provoquer des erreurs significatives lorsqu'on mesure des matériaux très légers. Pour essayer l'efficacité des soufflettes d'air ou autres mécanismes d'évacuation des poussières, faire fonctionner le capteur avec un entrefer vide et enregistrer la sortie d'épaisseur ou de masse par unité de surface (approximativement zéro). Diffuser une substance collante d'aérosol (par exemple de la laque à cheveux du commerce) dans l'entrefer de mesure pendant 5 s à une distance de 30 cm. Immédiatement après, injecter au moins cinq envois de matériau à très fines particules (par exemple de la poudre de papier ou du talc à bébé) dans l'entrefer à la même distance. Évaluer l'influence sur la lecture de grammage ou d'épaisseur sans tarer le système. Bien que cet essai ne soit pas reproductible quantitativement, il fournit une bonne indication de l'aptitude du système à évacuer les matériaux étrangers.

2.2.2.7 *Décroissance de la source*

Le fabricant doit spécifier les moyens de compenser l'erreur due à la décroissance de la source.

2.2.2.8 *Essais de température de l'air de l'entrefer*

2.2.2.8.1 *Essai statique de température de l'air de l'entrefer*

Après que le système de mesure aura été stabilisé à la température ambiante, introduire une bouffée importante d'air chaud (60 °C à 70 °C) dans tout l'entrefer de mesure. Les signaux aux points de contrôle A et B doivent être contrôlés chaque minute au cours des cinq premières minutes et ensuite à des intervalles de 5 min jusqu'à ce que le système atteigne un état stationnaire. Les signaux résultants doivent être enregistrés ainsi que la température réelle de l'air chaud. Les données doivent être relevées avec et sans compensation de température de l'air.

2.2.2.5 *Sample pass line tests*

Signal levels are measured and recorded at test points A and B for test samples Nos. 1, 5 and 9, at different pass lines. Data shall be taken at a sufficient number of pass lines to characterize the measurement response over the entire measuring gap, or that part of the measuring gap specified by the manufacturer. The pass lines and the size of the measuring gap shall be specified in millimetres.

Radiometric pass line effects (test point A) shall be expressed as percentages of the full radiometric intensity (no sample) signal, while the measurement errors (test point B) due to the pass line change shall be expressed as percentages of the test sample mass per unit area or thickness. If the error is nonlinear, it may be represented graphically.

2.2.2.6 *Foreign material (window dirt) tests*

2.2.2.6.1 *Foreign material effects*

Foreign material build-up is simulated by placing thin films of a polyester material over the source housing and detector housing windows. The signal levels at test point B are measured and recorded for test samples Nos. 1, 5 and 9, at the reference pass line, with no simulated foreign material on the measurement head windows. Without standardizing or compensating the measurement system, these measurements are repeated three times with the windows of both housings covered with a polyester film of 10 g/m², 20 g/m², and finally 50 g/m². The same series of tests is to be repeated with restandardization, and any other incorporated compensation, permitted between each test condition. All measurements, and the indication errors are to be recorded.

NOTE – If the polyester film does not adequately represent the foreign material being simulated, more appropriate materials should be selected.

2.2.2.6.2 *Foreign material suppression effectiveness tests*

The accumulation of even very small amounts of foreign material on the sensor windows between standardization cycles can cause significant errors when measuring very light weight materials. To test the effectiveness of air wipes or other dirt control mechanisms, operate the sensor with empty air gap and record the output measurement of mass per unit area or thickness (approximately zero). Spray a sticky aerosol substance (for example commercial hair spray) into the measuring gap for 5 s from a distance of 30 cm. Immediately follow this with at least five spray-blasts of light particulate material (for example paper powder or baby powder) into the measuring gap from the same distance. Evaluate the influence on mass per unit area or thickness readout without standardizing the system. Although this test is not quantitatively reproducible, it does provide a good indication of the ability of the device to suppress foreign material.

2.2.2.7 *Source decay*

The manufacturer shall specify the means of compensating the error due to the source decay.

2.2.2.8 *Air-gap temperature tests*

2.2.2.8.1 *Static air-gap temperature test*

After the measurement system has been stabilized at room temperature, a high volume flow of hot air (60 °C to 70 °C) shall be introduced into the entire measurement gap. The signals at test points A and B shall be monitored every minute for the first 5 min, and then at 5 min intervals until the system reaches a steady state. The resulting signals shall be recorded together with the actual hot air temperature. The data shall be taken both with and without air temperature compensation.

2.2.2.8.2 Essai dynamique de température de l'air de l'entrefer

De nombreux processus industriels génèrent des variations dynamiques de la température de l'air sur la largeur du matériau en cours de fabrication. Ces profils de température à court terme introduisent des erreurs de mesure quand le capteur va et vient sur la largeur du produit. Pour évaluer cet effet, un échantillon du matériau à mesurer est placé dans l'entrefer de telle façon que le flux d'air dans l'entrefer soit dirigé sans entraves dans le sens de fabrication de la machine. Les têtes de mesure avec l'échantillon se déplacent à leur vitesse normale de balayage. Un générateur d'air chaud est placé environ à mi-parcours du balayage. Le flux d'air chaud confiné est orienté dans la direction de la machine et approximativement centré verticalement sur la ligne de passe et horizontalement sur la largeur du balayage. Le canal d'air est positionné et dimensionné de telle façon que les têtes en balayage avec l'échantillon passent d'une zone de non-influence à une zone d'influence maximale puis à nouveau à une zone sans influence. La température du flux d'air chaud est ajustée pour que la température maximale à la ligne de passe de l'échantillon soit de 15 °C au-dessus de la température ambiante. Si le système emploie des dispositifs de correction, des rideaux d'air ou autres systèmes stabilisants, ils devront être en total fonctionnement. Quand le système de mesure est stabilisé à la température ambiante, déterminer un profil moyen de balayage après 30 balayages consécutifs la source de chaleur étant arrêtée, puis la source étant en service. Soustraire les profils; le profil résultant définit l'effet des changements dynamiques de température de l'air sur les mesures. La différence maximale divisée par l'élévation maximale de température à la ligne de passe est définie comme étant la sensibilité de température dynamique.

2.2.2.9 Effets de la composition chimique du matériau mesuré

Le fabricant doit déterminer (en les mesurant et/ou en les calculant) les erreurs qui résulteraient d'une variation de 1 % en poids des additifs habituels du produit mesuré. Il convient que les erreurs soient déterminées pour les échantillons correspondant à 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue de mesure effective pour l'application considérée. Ces erreurs doivent être exprimées en pourcentage de l'épaisseur de l'échantillon mesuré au point de contrôle B, et cela avant et après chaque compensation de variation de composition chimique. Des additifs caractéristiques de certaines applications sont énumérés ci-après:

- TiO_2 , kaolin, CaCO_3 , Fe_2O_3 pour les applications concernant le papier;
- Fe, Mn, Si, Cu, Ni, Zn, Cr, Ti, Mg pour les applications concernant l'aluminium;
- C, Cr, Si, Mn, Mo, Ni, P, S pour les applications concernant l'acier;
- oxydes de zinc, soufre pour les applications concernant le caoutchouc;
- TiO_2 , Fe_2O_3 , carbone pour les applications concernant les matières plastiques.

Les processus de fabrication où le produit est constitué de deux ou plusieurs couches de matériaux différents constituent un cas spécial pour la détermination de la sensibilité à la composition. Dans certains cas des feuilles de différents matériaux sont mises en sandwich ensemble et collées. Dans les deux cas, la composition du produit multicouche change continuellement, à chaque étape du processus, avec la combinaison des divers matériaux, et la calibration des capteurs de mesure mesurant et contrôlant chaque couche peut être fortement affectée. Le fabricant du système de mesure doit déterminer les erreurs pouvant être créées à différents points de mesure dans le processus et fournir des procédures appropriées pour minimiser ces erreurs.

2.2.2.10 Caractéristiques de l'étalonnage

Le fabricant doit décrire le cycle d'étalonnage utilisé dans le système de mesure. Cette description traite des aspects suivants:

- degré d'automatisme (manuel, semi-automatique, automatique);
- variables et grandeurs d'influence qui sont compensées;
- méthodes employées (nombre de points d'étalonnage, nombre et type d'atténuateurs, algorithmes, etc.);

2.2.2.8.2 *Dynamic air-gap temperature test*

Many industrial processes introduce dynamic air temperature variations across the width of the measured material being produced. These short term temperature profiles introduce measurement errors as the sensor scans back and forth across the sheet. To evaluate this effect, a sample of measured material is mounted in the measuring gap so that the flow of air through the gap is unimpeded in the process machine direction. The sensor heads and sample are scanned at their normal scanning speed. A heat gun is mounted approximately at the mid-scan location. The confined stream of high volume hot air is directed in the process machine direction and approximately centered vertically on the pass line and horizontally on the scanned width. The air stream is positioned and dimensioned such that the scanning heads and sample pass from a region of no influence to one of maximum influence and then one of no influence again. The air stream temperature is adjusted so that the maximum temperature at the sample pass line is 15 °C above ambient. If the system employs correctors, air seals, or other stabilizing devices, they are to be functioning fully. When the measurement system has been stabilized at ambient temperature, acquire a scan average profile from 30 consecutive scans with the heat source off, and then repeat with it on. Subtract the profiles; the difference profile defines the effect of dynamic air temperature change on the measurements. The maximum difference divided by the maximum air temperature rise at the pass line is defined as the dynamic temperature sensitivity.

2.2.2.9 *Effects of measured material chemical composition*

The manufacturer shall determine (by measurements and/or calculations) the errors that would be created by changing the typical additives by 1 % of weight for the material being measured. The errors should be determined for samples corresponding to 10 %, 50 %, and 90 % of the effective measurement range for the application of interest. These errors shall be expressed in per cent of sample thickness measured at test point B, and be given for both before and after any chemical composition compensation. Typical additives for some applications are listed below:

TiO₂, clay, CaCO₃, Fe₂O₃ for paper applications;
Fe, Mn, Si, Cu, Ni, Zn, Cr, Ti, Mg for aluminium applications;
C, Cr, Si, Mn, Mo, Ni, P, S for steel applications;
zinc oxides, sulphur for rubber applications;
TiO₂, Fe₂O₃, carbon for plastic applications.

Manufacturing processes, where the product is built up with two or more layers of dissimilar materials, constitute a special case for composition sensitivity consideration. In some cases sheets of different materials are sandwiched together and bonded. In other cases, a base or substrate may be coated with additional layers of different materials. In both cases, the composition of the multiple layer products changes continually, at each step in the process, as the different materials are combined, and the calibration of the measurement sensors monitoring and controlling each layer may be adversely affected. The measurement system manufacturer shall determine the errors that could be created at different measurement points in the process, and provide appropriate procedures to minimize those errors.

2.2.2.10 *Standardization features*

The manufacturer shall describe the standardization cycle employed in the measurement system. This description is to include the following subjects:

- degree of automation (manual, semi-automatic, automatic);
- influence quantities and variables being compensated;
- methods used (number of standardization points, number and type of attenuators, algorithms, etc.);

- temps nécessaire pour accomplir un cycle complet d'étalonnage;
- fréquence d'étalonnage;
- efficacité de l'étalonnage (degré de compensation et précision de l'étalonnage).

2.2.2.11 Essai de profil du système

Les deux principales causes d'erreurs de mesure de profil du processus affichées pendant le balayage des têtes de mesure avec un échantillon de référence, fixé par rapport à la tête de mesure, à la ligne de passe sont: (1) les variations systématiques de mesure dues aux imperfections d'alignement du mécanisme de balayage et/ou aux gradients de température le long du trajet du balayage; et (2) le bruit radiométrique (nucléaire, électronique et autres bruits aléatoires). Les données de mesure de balayage sont généralement accumulées dans de petits incréments ou blocs de données qui représentent de petites tranches consécutives sur la largeur du matériau fabriqué à mesurer. De façon à isoler les erreurs systématiques du bruit aléatoire dans ces blocs de données, il convient que l'essai de profil du système soit toujours réalisé et enregistré dans les deux conditions suivantes: (1) un essai de profil composite où les données d'un même bloc de données correspondant à plusieurs balayages consécutifs en avant et en arrière sont moyennées pour réduire les erreurs aléatoires à un minimum, et (2) un essai de profil unique où chaque profil unique est imprimé et analysé sans le moindre moyennage ou filtrage dans le bloc de données.

La procédure d'essai est la suivante (voir 2.4 pour la procédure générale):

- a) régler le système avec le temps de balayage et la résolution des blocs de données recommandés par le fabricant;
- b) faire des profils composites des têtes de mesure, avec chacun des échantillons d'essai (n° 1, 5 et 9), pour le nombre de balayages et la résolution préconisés par le fabricant. Imprimer les profils composites (moyens) et noter le type de moyennage (arithmétique, exponentiel, etc.) et le facteur de composition (nombre de balayages, pourcentage de signal ajouté de chaque balayage, etc.) utilisés.
- c) répéter l'étape b) le système étant réglé pour l'affichage d'un profil unique sans moyennage ni filtrage du bloc de données. Imprimer les profils de quatre balayages successifs. (Vérifier qu'il s'agit bien d'un profil réel de balayage unique en passant un échantillon supplémentaire dans l'entrefer lors d'un balayage préliminaire pour voir si l'on observe une marche d'amplitude complète sur la trace du profil).

L'analyse des impressions des profils révélera les erreurs de mesure de profil. Les profils composites élimineront une grande partie du bruit aléatoire et montreront les erreurs systématiques de mesure. Les profils de balayages uniques contiendront plus de bruit aléatoire et illustreront la résolution limite de bruit. Le «bruit de profil» peut être approximé statistiquement en admettant que l'amplitude crête-crête sur les profils est égale à 6σ (écarts-types) ou en utilisant des méthodes conventionnelles de calcul basées sur le jeu de données analytiques. Le bruit aléatoire est inversement proportionnel à la racine carrée du nombre de mesures séparées dans chacun des blocs de données et peut être extrapolé à d'autres conditions de réglage en utilisant la formule:

$$\sigma = k\sqrt{NB \times 1/T \times 1/NS}$$

où

NB est le nombre de blocs de données sur le profil mesuré;

T est le temps de balayage en secondes;

NS est le nombre de balayages moyennés dans le profil composite;

k est une constante du système en cours d'évaluation.

NOTE – Quand un moyennage exponentiel des profils est utilisé, la détermination du nombre équivalent de balayages, NS, est une fonction du facteur de filtre et n'est pas un calcul linéaire direct.

- time required to complete standardization cycle;
- frequency of standardization;
- effectiveness of standardization (degree of compensation and standardization accuracy).

2.2.2.11 System profile test

The two main components contributing to process profile measurement errors displayed during scanning of the measurement heads with a reference sample, fixed with respect to the measurement head, at the passline are: (1) systematic measurement variations due to measurement scanner alignment imperfections and/or temperature gradients across the scan path; and (2) radiometric noise (nucleonic, electronic and other random noise). The scanning measurement data is typically accumulated into small increments or data boxes which represent consecutive small slices across the width of the process material to be measured. In order to isolate the systematic errors from the random noise in these data boxes, the system profile test should always be performed and recorded under the following two conditions: (1) a composite profile test where the corresponding scan position data box data from several consecutive forward and reverse scans are averaged to reduce random errors to a minimum; and (2) a single profile test where each single scan is printed out and analyzed without any data box averaging or filtering.

The test procedure is the following (see 2.4 for the general procedure):

- a) set up the system with the scan time and data box resolution that the manufacturer recommends;
- b) make composite scans of the measurement heads, with each of the test samples (Nos. 1, 5 and 9), for the number of scans and resolution recommended by the manufacturer. Print out the composite (averaged) profiles, and record the type of averaging (arithmetic, exponential, etc.) and the compositing factor (number of scans, percent of signal added from each scan, etc.) which were used.
- c) repeat step b) with the system set for single profile display with no data box averaging or filtering. Print the profiles for four consecutive scans. (Verify that it is in a true single scan profile mode by passing an additional sample through the measuring gap during a preliminary scan to see if a full amplitude step function in the scan trace is observed.)

Analysis of the profile printouts will reveal the measurement profile errors. The composite profiles should eliminate much of the random noise and display the systematic measurement errors. The single scan profiles will include more random noise and illustrate the noise limited resolution. The "profile noise" may be approximated statistically by assuming the peak-to-peak amplitude on the profiles is equal to 6σ (standard deviations), or by conventional calculational methods based on the analytical data set. The random noise is inversely proportional to the square root of the number of separate measurements in each data box, and can be extrapolated to other setup conditions using the formula:

$$\sigma = k\sqrt{NB \times 1/T \times 1/NS}$$

where

- NB is the number of data boxes across the measured profile;
- T is the scan time in seconds;
- NS is the number of scans averaged in the composite profile;
- k is a constant for the system under evaluation.

NOTE – When exponential scan averaging is used, determining the equivalent number of scans, NS, is a function of the filter factor, and is not a straightforward calculation.

2.2.2.12 Essai de charge électrostatique

Les radiations consistant en des particules chargées sont déviées lorsqu'elles traversent un champ électrique. Une source habituelle de tels champs est la charge électrostatique importante qui peut se développer sur les matériaux non conducteurs en cours de fabrication et de mesure. Les effets d'une telle charge sur la mesure sont fonction de l'énergie cinétique de la radiation, de l'amplitude et de la polarité du potentiel sur le matériau mesuré, de la géométrie du capteur de mesure, et du grammage ou de l'épaisseur du matériau en cours de mesure. Cet effet peut être évalué en imposant un potentiel élevé continu sur les échantillons statiques conducteurs placés à la ligne de passe dans l'entrefer. Pour cet essai, choisir un groupe d'échantillons conducteurs couvrant l'étendue de mesure du capteur. Des échantillons de film polyester aluminisés sur les deux faces sont généralement utilisés. Grâce à des isolants convenables, placer un échantillon d'essai à la ligne de passe et lire son grammage ou son épaisseur avec le système de mesure. Puis, le capteur étant raccordé à la terre, appliquer une tension de 1 kV ou plus (ne pas dépasser la tension de claquage pour la couche d'air) aux surfaces conductrices supérieure et inférieure de l'échantillon et lire le grammage à nouveau. Inverser la polarité et répéter la lecture. Répéter cet essai pour les autres échantillons d'essais. Calculer l'erreur en pourcentage par kilovolt pour chaque échantillon et chaque polarité. Faire une courbe ou un tableau des résultats en fonction de la masse par unité de surface. Si des moyens de compensation pour l'électricité statique sont incorporés au capteur, conduire ces essais avec et sans la compensation activée pour quantifier les erreurs envisageables si la compensation tombe en panne.

2.2.3 Essais de système de mesure et d'analyse de la machine et du processus

Les systèmes de mesure à radiations ionisantes sont utilisés pour vérifier et caractériser le fonctionnement de machines de fabrication et les performances des processus en mesurant et en analysant les variations du produit. Cela est une application connue sous le nom de «analyse de la machine». Le système de mesure est utilisé pour détecter des variations systématiques dans le produit mesuré, qui sont dues à des causes telles que résonance sur la machine ou le processus, désalignement et usure d'éléments, vibrations, à-coups, décharges électriques et interactions dans le processus. Elles peuvent varier avec la vitesse de la ligne de production, avec le produit en cours de mesure et avec les conditions d'environnement.

Les applications de l'analyse de machine nécessitent un système de mesure ayant une réponse rapide et une large gamme de réponses en fréquence. Cela repousse les frontières habituelles du domaine fréquentiel de plusieurs ordres de grandeur au-delà de celles des applications conventionnelles de mesure et de régulation des processus. Il est prouvé que les variations les plus importantes apparaissent dans la plage de fréquences de 0,001 Hz à 1000 Hz, les plus critiques étant généralement en dessous de 200 Hz. Cela implique des temps de réponse de mesure de 1 ms ou moins. Il convient que le système de mesure soit exempt de toute perturbation électrique ou de pics de résonance sur le domaine de fréquences en question. Si ce n'est pas le cas, de telles perturbations doivent être stables afin de pouvoir être déduites. L'analyse de Fourier est un outil précieux pour évaluer le système de mesure et peut être mise en oeuvre avec un ordinateur de laboratoire (PC) et un logiciel classique.

2.2.3.1 Système d'essai d'analyse de la machine et du processus

a) Essai statique

Développer un spectre de densité de puissance (variance en fonction de la fréquence) et des courbes intégrales (variance accumulée en fonction de la fréquence) à partir du signal de mesure alors que le capteur est stationnaire avec les échantillons n° 1, 5, 9 et un absorbant infini dans l'entrefer. (L'absorbant infini facilite la distinction entre le bruit nucléaire et les perturbations électriques). Évaluer la capacité du système de mesure à être employé dans une position de mesure fixe pour l'analyse de la machine et du processus.

2.2.2.12 *Electrostatic charge test*

Radiation consisting of charged particles is deflected as it moves through an electric field. A common source of such fields is the high electrostatic charge that may build up on non-conducting process materials that are being manufactured and measured. The effects of such charge on the measurement are a function of the kinetic energy of the radiation, the magnitude and polarity of the potential voltage on the measured material, the geometry of the measurement sensor, and the mass per unit area or thickness of the material being measured. This effect may be evaluated by imposing a high d.c. potential on conductive static samples suspended at the pass line in the measuring gap. For the test, select a group of conducting samples that cover the measurement range of the sensor. Polyester film samples which have been aluminized on both sides are commonly used for this purpose. Using suitable insulators, support a test sample at the measurement pass line, and read its mass per unit area or thickness with the measurement system. Then, with the sensor grounded, apply a voltage of 1 kV or more (do not exceed the breakdown voltage for the air path) to the top and bottom conductive surfaces of the sample, and read the mass per unit area again. Reverse the polarity and repeat the reading. Repeat this test for the other test samples. Calculate the percent process per kilovolt for each sample and polarity. Plot or tabulate the results as a function of mass per unit area. If means for compensating for electrostatic sensitivity are incorporated with the sensor, conduct the tests with and without the compensation being active to quantify the expected errors if the compensation fails.

2.2.3 *Process and machine analysis and measurement system tests*

Ionizing radiation measurement systems are used to monitor and characterize manufacturing machine operations and process performance by measuring and analyzing product variations. This is an application known as "machine analysis". The measurement system is used to detect systematic variations in the measured material which are due to things such as process and machine component resonances, parts misalignment and wear, vibration, surges, electrical pick-up, and process interactions. These may vary with process line speed, with the product being produced, and with environmental conditions.

Machine analysis applications require the measurement system to have fast response and a broad band frequency response. This pushes the frequency domain requirements up by several orders of magnitude over those for conventional process measurement and control applications. It has been shown that the important variations occur in the frequency range of 0,001 Hz to 1000 Hz, with the most critical ones usually being below 200 Hz. This dictates measurement response times of 1 ms or less. The measurement system should be free of electrical pick-up and resonant peaks over the frequency domain of interest. If it is not, such disturbances need to be stable so they can be subtracted out. Fourier analysis is a useful tool to evaluate the measurement system, and can be achieved with standard laboratory computers (PCs) and software.

2.2.3.1 *System test for machine and process analysis applications*

a) Static test

Develop power density spectra (variance vs frequency) and integral curves (accumulated variance vs frequency) from the measurement signal while the sensor is stationary with check samples Nos. 1, 5, 9, and an infinite absorber in the measuring gap. (The infinite absorber facilitates isolating nucleonic noise from electrical disturbances.) Evaluate the capability of the measurement system to be used in a fixed measurement position for machine and process analysis.

b) Essai en balayage

Répéter la procédure décrite en 2.2.3.1 a) avec les têtes de mesure en balayage sur toute la longueur du déplacement pendant que les données sont cumulées. Evaluer la capacité du système de mesure à être employé dans un mode de balayage pour l'analyse de la machine et du processus.

c) Essai en environnement machine

Répéter les procédures décrites en 2.2.3.1 a) et 2.2.3.1 b), le système étant monté dans un environnement qui simule l'environnement réel dans lequel il sera placé, où peuvent se produire des vibrations importantes, des chocs mécaniques, des températures élevées, des champs magnétiques et autres conditions industrielles pouvant se révéler difficiles. Pour évaluer les effets possibles de résonance mécanique et microphonique, il convient que les têtes de mesure reçoivent des impacts mécaniques pendant que les données sont collectées pour analyse spectrale. (Les données et l'analyse pour cet essai peuvent être réalisées par des essais réels sur le lieu d'installation, voir 2.4).

2.3 Documentation concernant les résultats d'essais en laboratoire

Un format normalisé et concis pour la présentation des résultats d'essai en laboratoire simplifie l'évaluation de tout système de mesure et facilite la comparaison des évaluations. Il convient que le format soit rédigé dans le même ordre que les essais de 2.2 avec des références aux paragraphes contenant la description des essais.

2.4 Essais sur site

Les essais en laboratoire de 2.2 et 2.3 se déroulent normalement dans le laboratoire du fabricant pour mettre au point des informations relatives à des caractéristiques normalisées qui peuvent être appliquées généralement à de larges catégories d'utilisation. Les essais peuvent être effectués sur des systèmes de mesure typiques plutôt que sur des systèmes de mesure spécifiques qui sont envoyés aux utilisateurs intéressés. Les temps de réponse effectifs de mesure utilisés aux points de contrôle A et B peuvent également être différents de ceux figurant dans le système de l'utilisateur.

Il peut être souhaitable d'effectuer des essais de vérification sur le système de mesure spécifique de l'utilisateur après que ce système aura été installé sur place. Ces essais peuvent être effectués par l'utilisateur, éventuellement avec l'assistance du fabricant. Un grand nombre d'essais effectués au laboratoire d'origine peuvent être reproduits sur place et il convient que les procédures de 2.2 soient suivies. C'est le type de mesure à effectuer et les fonctions du système de mesure que l'on devra prendre en compte pour définir les essais qu'il serait raisonnable et approprié de répéter. Si les conditions effectives d'utilisation diffèrent de façon significative des conditions d'essai de 2.2, il y aura lieu d'effectuer les changements appropriés dans les essais.

Le fabricant d'un système de mesure doit normalement fournir (dans certains cas avec la coopération de l'utilisateur), avec chaque système, un jeu d'échantillons stables de référence pour servir de points de mesure normalisés. Ces échantillons ont été, au préalable, mesurés d'une façon précise et leurs valeurs sont mentionnées dans le rapport d'étalonnage qui accompagne chaque système.

Après l'installation de l'équipement, il convient que l'utilisateur vérifie que les résultats de lecture pour ces échantillons, pris dans les conditions de référence requises, sont conformes aux valeurs originelles du rapport d'étalonnage.

Il convient d'établir un programme de vérification de bon fonctionnement pour une surveillance périodique et pour enregistrer les caractéristiques essentielles du système de mesure au cours de sa durée de vie utile afin de s'assurer de son degré de stabilité et de précision à long terme. Ce programme inclut les lectures des mesures des échantillons stables de référence. La périodicité de tels essais de vérification peut être journalière, hebdomadaire ou mensuelle selon la précision de mesure requise et l'expérience acquise concernant la stabilité du système.

b) Scanning test

Repeat 2.2.3.1 a), except the measurement heads are to be scanning over the full length of their travel while the data is being accumulated. Evaluate the capability of the measurement system to be used in a scanning mode for machine and process analysis.

c) Machine environment test

Repeat 2.2.3.1 a) and 2.2.3.1 b) with the system mounted in an environment simulating the final use environment where there may be heavy vibration, mechanical shock, elevated temperatures, magnetic fields, and other potentially adverse industrial conditions. To evaluate for possible microphonic and mechanical resonance effects, the measurement heads should be subjected to mechanical impacts while data is being collected for spectral response. (The data and analysis for this test might be done by actual on-site testing, see 2.4.)

2.3 *Laboratory test results documentation*

A standard and concise format for presenting the laboratory test results simplifies the evaluation of any measuring system and facilitates comparative evaluations. The format should be organized in the same order as the tests of 2.2 with cross-reference to the subclauses containing the test description.

2.4 *On-site tests*

The laboratory tests of 2.2 and 2.3 are normally run in the manufacturer's laboratory to develop standardized performance information which is generically applicable to broad categories of applications. The tests may be performed on typical measuring systems, rather than the specific one which is shipped to the user concerned. The effective measurement response times used at test points A and B may be different from those contained in the user's system also.

It may be desirable to run verification tests on the user's specific measuring system after it has been installed on-site. These tests can be performed by the user, perhaps with assistance from the manufacturer. Many of the original laboratory tests can be duplicated on-site, and the procedures in 2.2 should be followed. The measurement application and the features of the measuring system involved will dictate which tests are reasonable or appropriate to repeat. If the actual use conditions differ significantly from the test conditions in 2.2, appropriate changes should be made in the tests.

The manufacturer of a measurement system will normally supply (in certain cases with the co-operation of the user) a set of stable reference samples with each system to be used as measurement standards. These will have been accurately measured and their values recorded in a calibration report accompanying the system.

Following equipment installation, the user should verify that readings for these samples, taken under reference conditions, agree with the original values in the calibration report.

An ongoing sensor verification program should be established to periodically monitor and record key performance characteristics of the measurement system over its useful life to confirm the degree of measurement stability and long-term accuracy. This program should include readings of the stable reference samples. The frequency of such sensor verification testing might be daily, weekly, or monthly, depending upon the measurement accuracy requirements, and the experience gained concerning the system stability.

Certaines jauges disposent d'un programme automatique de vérification des mesures qui recourt à des échantillons internes de contrôle mesurés sur commande du système. Toutefois, l'utilisateur doit s'assurer que ces échantillons internes ne font pas partie d'un procédé de tarage ou d'étalonnage du système, sans quoi ils ne peuvent pas servir à des essais d'aptitude réels.

Il est particulièrement important de répéter, sur le site, l'essai de linéarité de l'étalonnage mentionné en 2.2.1.6.3 a), pour reconstruire les limites d'erreur d'étalonnage après l'installation du système. Cela constituera une base de référence pour des comparaisons ultérieures de caractéristiques à l'occasion de la réparation des têtes de mesure ou de leur changement à la suite d'une panne. Aucun effort significatif de réétalonnage n'est nécessaire s'il peut être démontré que les têtes originelles et les têtes réparées ou remplacées fournissent, dans les deux cas, dans l'étendue de mesure, des caractéristiques de réponse linéaire qui sont dans les limites de la précision de mesure désirée.

D'autres essais sur place, qui ne sont pas inclus dans les essais de laboratoire, peuvent être souhaitables. Des procédures pour certains de ces essais supplémentaires sont présentées ci-après.

2.4.1 Essai concernant l'erreur de profil d'échantillon du système

Après avoir aligné de façon appropriée le mécanisme de déplacement, un échantillon de référence fixe par rapport à la tête de mesure est positionné à la ligne de passe de référence et la tête de mesure est manoeuvrée à sa vitesse de balayage normale sur l'ensemble de son trajet aussi bien vers l'avant que vers l'arrière. Le profil apparent d'épaisseur de l'échantillon est à représenter à partir des sorties de lecture normales du système (trace sur enregistreur, affichage vidéo, sortie imprimante, tableau établissant une correspondance entre l'épaisseur et la position le long du mécanisme de balayage, etc.). Il est bon de prendre en considération le temps de mesure de l'échantillon pour chaque position ainsi que le filtrage et le conditionnement de tout signal.

Il convient que cet essai soit effectué pour des échantillons de référence représentant les limites inférieure et supérieure de mesure du produit ainsi que pour une ou plusieurs épaisseurs d'échantillon intermédiaires. L'erreur de profil d'échantillon est exprimée comme étant l'écart de la valeur mesurée de chaque boîte de données (intervalle de profil) par rapport à la valeur réelle de chaque échantillon de référence. L'erreur de profil pour un balayage complet peut être exprimée en tant qu'écart maximal crête à crête. Il est recommandé que les erreurs de profil soient déterminées dans les deux cas avec et sans la compensation de profil.

Etant donné que les caractéristiques mécaniques du système de balayage peuvent varier avec la température, l'utilisateur peut juger utile de répéter cet essai dans différentes conditions de température ambiante et de température du produit (par exemple si le matériau mesuré est normalement chaud, effectuer l'essai de profil d'échantillon immédiatement après une rupture de feuille).

2.4.2 Essais de reproductibilité du système de profil et de balayage moyen

Les essais de 2.4.1 utilisent des échantillons de référence de masse surfacique connue, positionnés dans l'entrefer et qui se déplacent avec les têtes de mesure, pour déterminer la précision de mesure de base du système à toutes les positions sur la longueur du balayage de ce système. Il est également important de connaître la reproductibilité des mesures du système sur l'étendue complète du balayage. Ce paragraphe couvre les méthodes d'essai pour déterminer la reproductibilité du profil en tant que fonction de la position des têtes traversantes et pour les moyennes de profil. La reproductibilité du profil est liée à la reproductibilité de la mesure ainsi qu'à d'autres erreurs potentielles du système et n'est pas complètement décrite par les autres essais de cette norme.

Some gauges have an automatic measurement verification program using internal check samples which are measured under system control. However, the user must be sure that such internal samples are not being used as part of a system standardization or recalibration process. If they are, they do not represent a true capability test.

It is particularly important to repeat the calibration linearity test of 2.2.1.6.3 a) on-site to reaffirm the limits of calibration error after system installation. This will provide a reference base for future performance comparisons whenever the measurement heads are repaired or replaced following a failure. No significant recalibration effort is required if it can be shown that the original heads and the repaired or replaced heads both provide linear response characteristics over the measurement range which are within the desired measurement accuracy.

Other on-site tests, which were not included in the laboratory tests, may be desirable. Procedures for some of these supplementary tests are presented below.

2.4.1 *System sample profile error test*

After the traversing mechanism is properly aligned, a reference sample, which is fixed with respect to the measurement head, is positioned at the reference pass line and the measuring head is traversed at its normal scanning speed over its full path of travel in both the forward and reverse directions. The apparent sample mass per unit area profile is documented from the normal system read-outs (recorder trace, video display, printer-plotter output, table of mass per unit area and distance along the traversing mechanism, etc.). The sample measurement time for each profile interval displayed and any signal filtering or conditioning should be taken into consideration.

This test should be run for reference samples representing the lower and upper process measurement limits as well as one or more sample mass per unit areas in between. The sample profile error is expressed as the deviation of each data box (profile interval) measured value from the actual value of each reference sample. The profile error for a complete scan might be expressed in terms of the maximum peak-to-peak deviation. The profile errors should be determined both with and without profile correction compensation.

Since the mechanical deflection characteristics of the traversing mechanism may vary with temperature, the user may find it beneficial to repeat this test under different ambient and process temperature conditions (for example if the process material is normally hot, run the sample profile test immediately after a sheet break).

2.4.2 *System profile and scan average reproducibility tests*

The tests of 2.4.1 use reference samples of known mass per unit area, which are fixed in the measuring gap and traverse with the measurement heads, to determine the basic measurement accuracy of the system at all positions over the system scanning range. It is also important to know the reproducibility of the system measurements over the full scanning range. This subclause covers test methods for determining profile reproducibility as a function of traversing head position, and for scan averages as a whole. Profile reproducibility is related to measurement reproducibility, together with other potential system errors, and is not completely described by any other tests in this standard.