

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 769

Première édition — First edition
1983

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

**Ionizing radiation measurement systems
with analogue or digital signal processing
for thickness measurements**



© CEI 1983

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

Genève, Suisse

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60769:1983

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 769

Première édition — First edition

1983

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

**Ionizing radiation measurement systems
with analogue or digital signal processing
for thickness measurements**



© CEI 1983

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	Pages 4
PRÉFACE	4

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	8
3.1 Jauge d'épaisseur (rayonnement ionisant)	8
3.2 Système de mesure par transmission	8
3.3 Système de mesure par rétrodiffusion	8
3.4 Système de mesure par le rayonnement de fluorescence X	8
3.5 Tête de mesure	10
3.6 Sous-ensemble électronique de mesure	10
3.7 Point de contrôle	10
3.8 Mécanisme de support de la tête de mesure	10
3.9 Entrefer de mesure	12
3.10 Ligne de passage	12
3.11 Ligne de passage de référence	12
3.12 Aire de mesure	12
3.13 Masse par unité de surface (masse surfacique)	12
3.14 Précision	12
3.15 Reproductibilité	12
3.16 Domaine nominal	14
3.17 Etendue de mesure	14
3.18 Résolution	14
3.19 Longueur de résolution géométrique du système	14
3.20 Instabilité électrique	14
3.21 Instabilité radiométrique totale	14
3.22 Réponse temporelle	14
3.23 Signaux de sortie analogiques	16
3.24 Signaux de sortie numériques	20
3.25 Linéarité	20
3.26 Dispositifs de diagnostic	22
3.27 Erreur de profil d'échantillon	22
3.28 Grandeur d'influence	24

CHAPITRE II: CONDITIONS D'ESSAIS

4. Généralités	28
5. Essais en laboratoire	30
5.1 Essais de caractéristiques intrinsèques	30
5.2 Grandeurs d'influence et essais	48
6. Documentation concernant les résultats d'essais en laboratoire	52
7. Essais sur place	54
7.1 Essai concernant l'erreur de profil d'échantillon du système	54
7.2 Essai de longueur de résolution géométrique	56
 ANNEXE A — Description d'un système de mesure complet	 58
ANNEXE B — Evaluation d'un système de mesure par rayonnement ionisant. Résultats d'essais en laboratoire	66
ANNEXE C — Essais concernant la tension du réseau (d'après la Publication 359 de la CEI, paragraphe 5.10)	92

CONTENTS

FOREWORD	Page 5
PREFACE	5

CHAPTER I: GENERAL

Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	9
3.1 Thickness gauge (ionizing radiation)	9
3.2 Transmission measurement system	9
3.3 Backscatter measurement system	9
3.4 X-ray fluorescence measurement system	9
3.5 Measuring head	11
3.6 Electronic measuring sub-assembly	11
3.7 Test point	11
3.8 Measuring head supporting mechanism	11
3.9 Measuring gap	13
3.10 Pass line	13
3.11 Reference pass line	13
3.12 Measurement area	13
3.13 Mass per unit area (surface mass, surface density, mass cross-section)	13
3.14 Accuracy	13
3.15 Reproducibility	13
3.16 Rated range	15
3.17 Effective range	15
3.18 Resolution	15
3.19 System geometrical resolution length	15
3.20 Electrical instability	15
3.21 Overall radiometric instability	15
3.22 Time response	15
3.23 Analogue signal output	17
3.24 Digital signal output	21
3.25 Linearity	21
3.26 Diagnostic features	23
3.27 Sample profile error	23
3.28 Influence quantity	25

CHAPTER II: TEST REQUIREMENTS

4. General	29
5. Laboratory tests	31
5.1 Intrinsic performance tests	31
5.2 Influence quantities and tests	49
6. Laboratory test results documentation	53
7. On-site tests	55
7.1 System sample profile error test	55
7.2 Geometrical resolution length test	57

APPENDIX A — Generalized measurement system description	59
APPENDIX B — Ionizing radiation measurement system evaluation — Laboratory test results	67
APPENDIX C — Mains supply voltage tests (from IEC Publication 359, Sub-clause 5.10)	93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES DE MESURE PAR RAYONNEMENT IONISANT
AVEC TRAITEMENT ANALOGIQUE OU NUMÉRIQUE DU SIGNAL,
POUR LES MESURES D'ÉPAISSEUR**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Un premier projet fut préparé lors de la réunion tenue à Stockholm en 1980, puis discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1981. A la suite de cette réunion, un projet, document 45 (Bureau Central) 154, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1981.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Nouvelle-Zélande
Australie	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Canada	République Démocratique Allemande
Egypte	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques
Italie	Yugoslavie

Cette publication remplace la Publication 577 de la CEI: Epaisseurètres par rayonnement ionisant pour matériaux sous forme de feuilles, de revêtements ou de laminés.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n°s 50(392): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 392: Instrumentation nucléaire — Complément au chapitre 391.

359: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques.

405: Appareils nucléaires: Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants.

Autre publication citée:

Norme ISO 2919: Sources radioactives scellées — Classification.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**IONIZING RADIATION MEASUREMENT SYSTEMS
WITH ANALOGUE OR DIGITAL SIGNAL PROCESSING
FOR THICKNESS MEASUREMENTS**

FOREWORD

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

PREFACE

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

A first draft was prepared at the meeting held in Stockholm 1980, then discussed at the meeting held in Tokyo in 1981. As a result of this latter meeting, a draft, Document 45(Central Office)154, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1981.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	New Zealand
Belgium	Poland
Canada	Spain
Egypt	Sweden
France	Union of Soviet
German Democratic Republic	Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Italy	United States of America
Netherlands	Yugoslavia

This publication replaces IEC Publication 577: Ionizing Radiation Thickness Meters for Materials in the Form of Sheets, Coatings or Laminates.

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 50(392): International Electrotechnical Vocabulary, (IEV), Chapter 392: Nuclear Instrumentation
— Supplement to Chapter 391.

359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment.

405: Nuclear Instruments: Constructional Requirements to Afford Personal Protection Against Ionizing Radiation.

Other publication quoted:

ISO Standard 2919: Sealed Radioactive Sources—Classification.

SYSTÈMES DE MESURE PAR RAYONNEMENT IONISANT AVEC TRAITEMENT ANALOGIQUE OU NUMÉRIQUE DU SIGNAL, POUR LES MESURES D'ÉPAISSEUR

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme a trait aux définitions, méthodes d'essais et procédés pour les systèmes de mesure de rayonnements ionisants destinés à opérer 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 traitements industriels. Le matériau traité soumis à de telles mesures peut se présenter sous la forme de feuilles, de revêtements, de produits laminés, de tubes ou de barreaux. Cette norme vise des systèmes comportant une ou plusieurs sorties aux fins d'affichage ou de contrôle. 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 de l'équipement sont traités dans d'autres normes de la CEI ou de l'ISO (par exemple: Norme ISO 2919 et Publication 405 de la CEI: Appareils nucléaires — Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants; etc.).

2. Objet

Les systèmes 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 de transmission, de rétrodiffusion ou de 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 d'influences étrangères. Les microprocesseurs et les mini-ordinateurs ont permis, d'autre part, 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 doivent être combinés dans certaines fonctions analytiques, n'ont guère d'importance au regard des conditions de contrôle statique dans la présente norme, mais ils peuvent entraîner d'importantes erreurs dans

IONIZING RADIATION MEASUREMENT SYSTEMS WITH ANALOGUE OR DIGITAL SIGNAL PROCESSING FOR THICKNESS MEASUREMENTS

CHAPTER I: GENERAL

1. Scope

This standard relates to definitions, test methods, and procedures for ionizing radiation measurement systems designed for either continuous or discrete measurements and checks of thickness, mass per unit area, or mass per unit length on 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: ISO Standard 2919 and IEC Publication 405: Nuclear Instruments — Constructional Requirements to Afford Personal Protection Against Ionizing Radiation; etc.).

2. Object

The systems covered by this standard are generally built for industrial applications covering a very broad range of industries, applications, and specifications. The objective is to identify the common parameters and variables and to specify standard tests and documentation which 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. 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.

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. Les moyens de compensation pour des détecteurs à grande sensibilité aux grandeurs d'influence devront être 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 de traitement interactif des signaux et compensations. Cela est facilité dans la présente norme grâce à l'introduction de trois points de contrôle différents pour les systèmes de mesure en cours d'évaluation.

Dans la présente norme, l'expression «épaisseur» est utilisée pour désigner aussi bien la masse par unité de surface, la masse par unité de longueur ou 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 unité d'épaisseur réelle seulement si le nombre 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 changent pas relativement à ces échantillons. Dans le cas de produits sous forme de barreaux, avec une section de surface connue ou constante, le signal de sortie peut être exprimé en terme de masse par unité de longueur.

Note. — Il est recommandé au lecteur de se référer au schéma fonctionnel de l'annexe A, pour une meilleure compréhension des spécifications.

3. Définitions

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 (VEI 392-04-01, modifié).

3.2 *Système de mesure par transmission*

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

3.3 *Système de mesure par rétrodiffusion*

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

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 (VEI 392-04-04, modifié). Le système peut comprendre des capteurs de compensation pour mesurer et corriger les effets de grandeurs d'influence indésirables.

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 three different test points throughout the measurement system under evaluation.

In this standard, the term “thickness” is used interchangeably to mean mass per unit area, mass per unit length, or thickness. Radiometric thickness 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 Appendix A for a better understanding of the specification.

3. Definitions

3.1 *Thickness gauge (ionizing radiation)*

A measuring assembly that includes an ionizing radiation source and is designed to measure non-destructively the thickness of a material by means of ionizing radiation (IEV 392-04-01, modified).

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.

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.

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 (IEV 392-04-04, modified). The system may include compensation sensors to measure and correct for the effects of undesirable influence quantities.

3.5 *Tête de mesure*

Sous-ensemble comprenant une ou plusieurs sources de rayonnement ainsi que des détecteurs de rayonnement en même temps que des capteurs de compensation pouvant être utilisés pour mesurer et corriger les effets des grandeurs d'influence indésirables.

Note. — Le sous-ensemble tête de mesure peut comprendre des composants électroniques pour le traitement du signal.

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 mesures.

3.7 *Point de contrôle*

Endroit, dans le système de mesure, où les signaux électriques peuvent être contrôlés.

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, cela se fait habituellement après le préamplificateur et avant toute conversion sous forme numérique.

3.7.2 *Point de contrôle B*

Endroit, dans le système de mesure, où des signaux prévus aux fins de régulation des processus peuvent être contrôlés. Cet endroit n'existe pas dans les systèmes n'ayant pas de sortie prévue pour régulation.

3.7.3 *Point de contrôle C*

Endroit, dans le système de mesure, relié au dispositif de lecture de la mesure, à la sortie.

3.8 *Mécanisme de support de la tête de mesure*

Assemblage mécanique sur lequel la tête de mesure est fixée.

3.8.1 *Mécanisme fixe*

Mécanisme de support de la tête de mesure restant en position fixe.

3.8.2 *Mécanisme rétractable*

Mécanisme de support de la tête de mesure qui peut être retiré de sa position de mesure.

3.8.3 *Mécanisme de translation*

Mécanisme de support de la tête de mesure permettant à cette dernière d'être déplacée transversalement au matériau à mesurer.

3.5 *Measuring head*

A sub-assembly comprising one or more radiation sources and radiation detectors along with any compensation sensors that may be used to measure and correct the effects of undesirable influence quantities.

Note. — The measuring head sub-assembly may include electronic devices for signal processing.

3.6 *Electronic measuring sub-assembly*

A sub-assembly 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.

3.7 *Test point*

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

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 this would typically be after the preamplifier and before any conversion to a digital form.

3.7.2 *Test point B*

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

3.7.3 *Test point C*

The point in the measurement system at which normal measurement display read-outs occur.

3.8 *Measuring head supporting mechanism*

A mechanical assembly to which the measuring head is mounted.

3.8.1 *Fixed mechanism*

A measuring head supporting mechanism that does not move.

3.8.2 *Retractable mechanism*

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

3.8.3 *Traversing mechanism*

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

3.9 *Entrefer de mesure*

Jauge d'épaisseur à transmission: intervalle entre faces opposées de l'ensemble émetteur de rayonnement et de l'ensemble détecteur dans lequel est situé le matériau à mesurer.

Jauge d'épaisseur à rétrodiffusion: intervalle entre la face la plus proche de l'assemblage émetteur ou de l'assemblage de détection et la surface la plus en arrière du matériau à mesurer ou la surface du matériau de support.

3.10 *Ligne de passage*

Position du matériau dans l'espace de mesure.

3.11 *Ligne de passage de référence*

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

3.12 *Aire de mesure*

3.12.1 *Aire totale de mesure*

Surface minimale d'un matériau donné situé à la ligne de passage de référence contribuant pour 100% au signal de sortie.

3.12.2 *Aire effective de mesure*

Surface d'un matériau donné situé à la ligne de passage de référence donnant 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).

3.13 *Masse par unité de surface (masse surfacique)*

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.

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 caractérisée en termes de la variable mesurée, pourcentage d'échelle, pourcentage de la gamme supérieure ou pourcentage de la lecture réelle de sortie.

3.15 *Reproductibilité*

Exprime le 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 exprimée en tant que reproductibilité en pourcentage de la gamme supérieure ou pourcentage de la lecture réelle de sortie pour une période de temps spécifiée ou pour un nombre déterminé de mesures.

3.9 *Measuring gap*

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.

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.

3.10 *Pass line*

The position of the material to be measured in the measuring gap.

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.

3.12 *Measurement area*

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.

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).

3.13 *Mass per unit area (surface mass, surface density, mass cross-section)*

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 by its cross-sectional (surface) area.

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, per cent of span, per cent of upper range value, or per cent of actual output reading.

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-repeatability and expressed as repeatability in per cent of upper range value or per cent of actual output reading for a specified time period or number of measurements.

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 (Publication 359 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électroniques).

3.17 *Etendue de mesure*

Partie du domaine nominal dans laquelle l'équipement satisfait aux prescriptions relatives aux limites d'erreur (Publication 359 de la CEI).

Note. — L'étendue de mesure peut être subdivisée afin de caractériser l'instrument plus complètement.

3.18 *Résolution*

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

3.19 *Longueur de résolution géométrique du système*

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

3.20 *Instabilité électrique*

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

3.21 *Instabilité radiométrique totale*

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.

3.22 *Réponse temporelle*

Sortie exprimée en fonction du temps, résultant de l'application d'un signal d'entrée sous des conditions spécifiées. Des paramètres typiques définis en sont le temps de réponse et le temps d'établissement comme indiqué dans la figure 1, page 16.

3.16 *Rated range*

The range of a quantity to be measured, observed, supplied, or set which the manufacturer has assigned to the apparatus (IEC Publication 359: Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment).

3.17 *Effective range*

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

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

3.18 *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 shall be normalized for the effects of signal filtering and data measurement time.

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

3.20 *Electrical instability*

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

3.21 *Overall radiometric instability*

Variation of the output signal under reference conditions, while all influence quantities are held constant and the detector is in an irradiated condition.

3.22 *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, page 17.

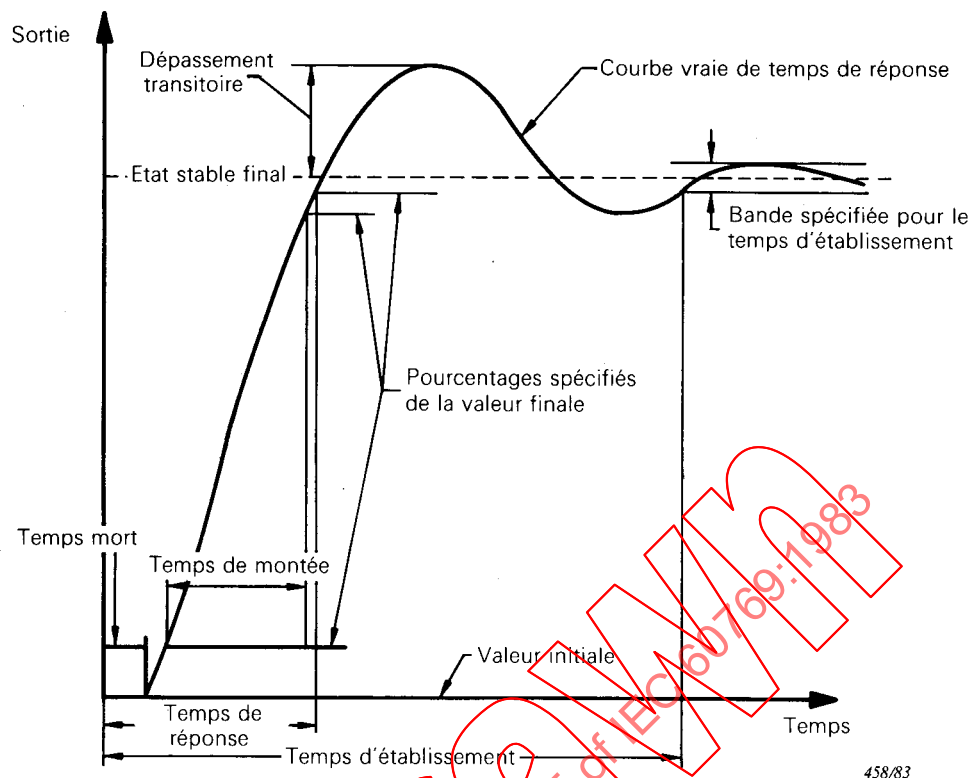


FIG. 1 — Exemple de réponse temporelle d'un système à un échelon unité à l'entrée.

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 à partir d'une valeur initiale jusqu'à une valeur finale. La figure 2, page 18, illustre un tel exemple. 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.

3.23 Signaux de sortie analogiques

3.23.1 Temps de réponse moyen

Temps moyen après une variation échelon de la grandeur à mesurer jusqu'à ce que le signal de sortie atteigne un pourcentage spécifié de sa valeur moyenne finale, pour la première fois (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. L'amplitude de dépassement transitoire éventuel doit être indiquée.

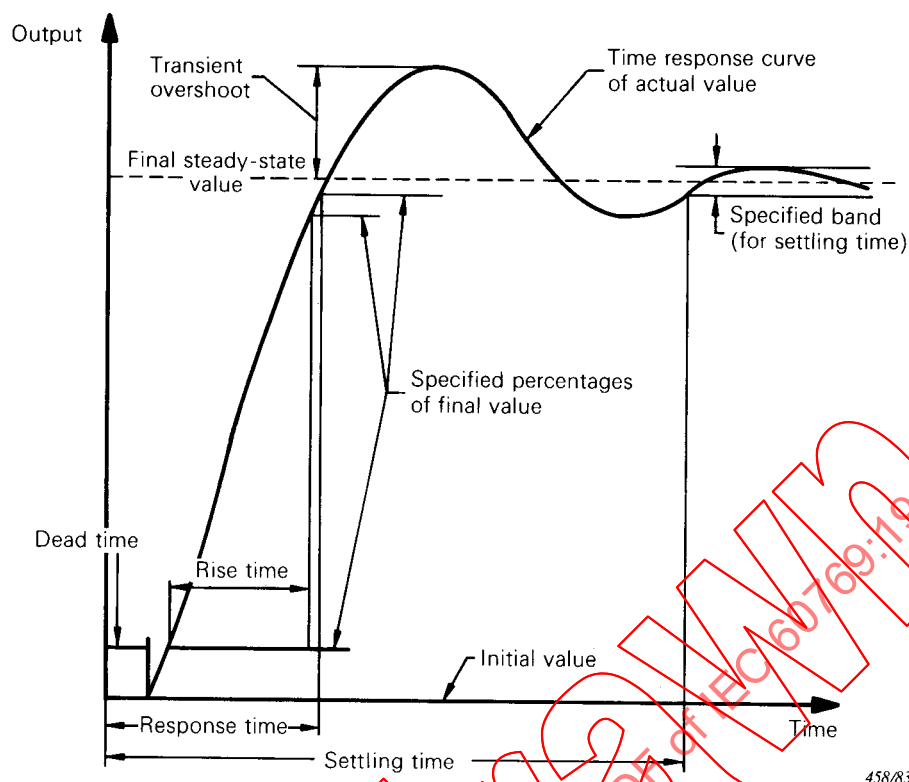


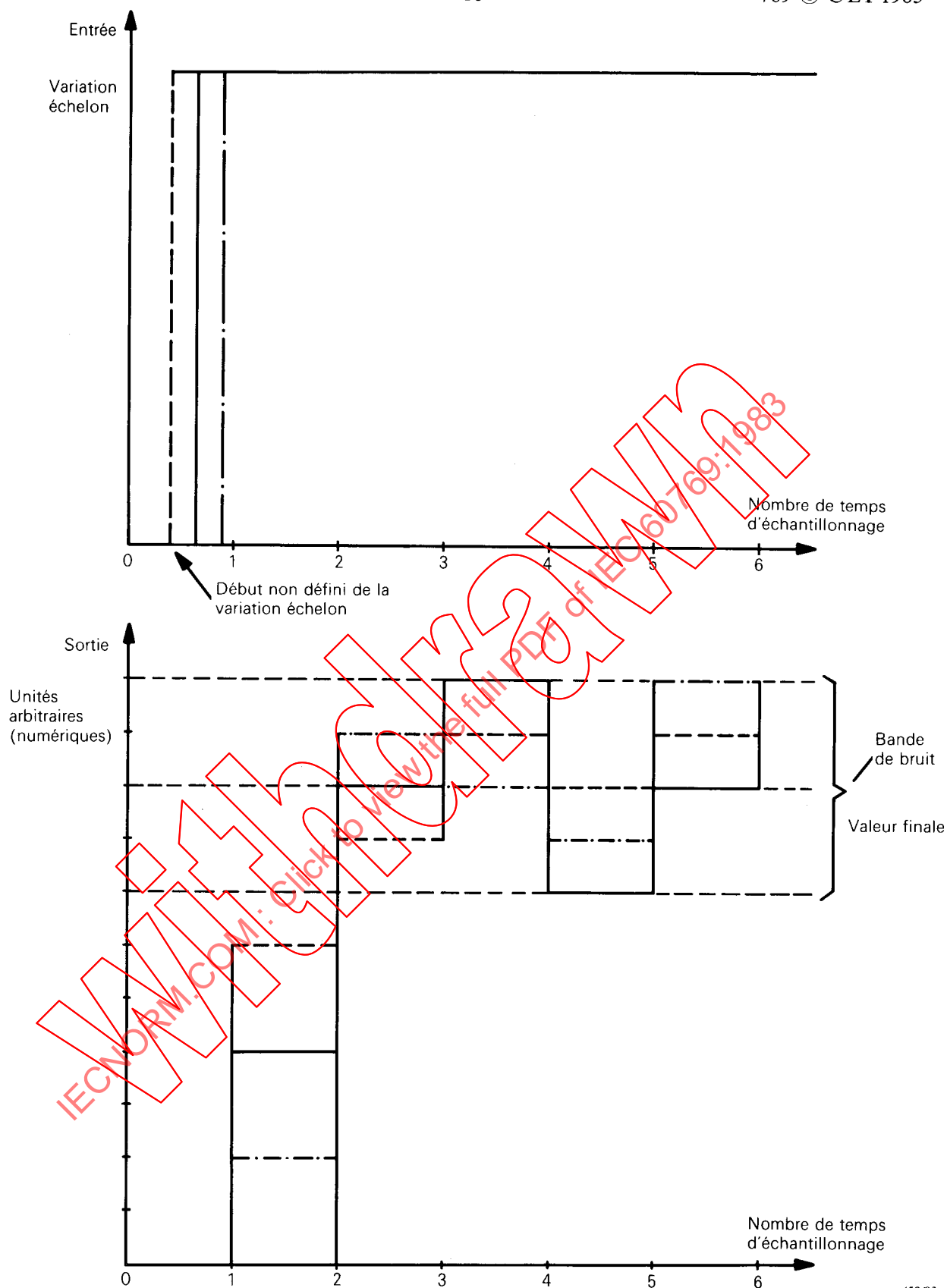
FIG. 1. — Typical time response of a system to a step increase of input.

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, page 19, 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*.

3.23 Analogue signal output

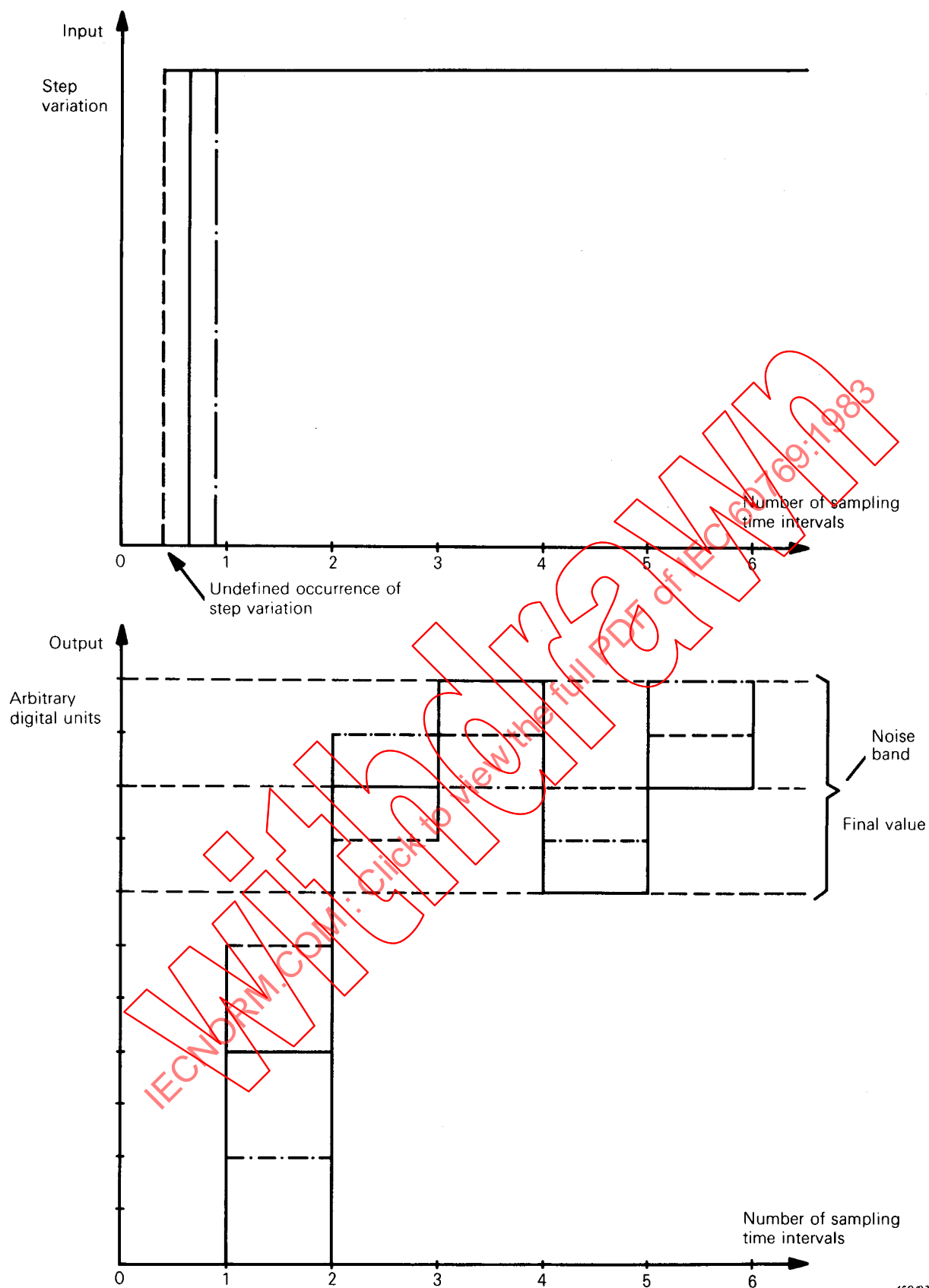
3.23.1 Mean response time

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.



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

FIG. 2. — Exemple de réponse temporelle d'un système numérique à une variation échelon du signal d'entrée.



459/83

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

FIG. 2. — Typical time response of a digital system to a step variation of input.

3.23.2 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 $\pm 2\sigma$ autour de sa valeur moyenne finale.

3.23.3 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.

3.24 Signaux de sortie numériques

3.24.1 Temps d'échantillonnage

Intervalle de temps pendant lequel l'information numérique est collectée.

3.24.2 Taux d'échantillonnage

Nombre de fois que la grandeur à mesurer est échantillonnée par unité de temps.

3.24.3 Temps d'intégration global

L'intervalle de temps, généralement exprimé en termes de temps d'échantillonnage pendant lequel des valeurs numériques de la grandeur à mesurer sont moyennées d'une certaine façon (par exemple moyenne glissante). Ces valeurs numériques peuvent déjà présenter des moyennes temporelles de la grandeur à mesurer.

3.24.4 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, autour de sa valeur finale. Ce temps moyen d'établissement numérique devra être exprimé en fonction d'un multiple du temps d'échantillonnage.

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

3.24.5 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.

3.25 Linéarité

Exprime le degré de concordance qu'une courbe peut atteindre par rapport à une droite, telle que définie dans la figure 3, page 22.

Note. — Généralement, on mesure une non-linéarité mais on l'exprime comme une linéarité qui peut être chiffrée en valeur absolue ou relative, par exemple un écart type ou 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.

3.23.2 *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.

3.23.3 *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.

3.24 *Digital signal output*

3.24.1 *Sampling time*

The time interval over which digital information is collected.

3.24.2 *Sampling rate*

The number of times the quantity to be measured is sampled per unit of time.

3.24.3 *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 (e.g., sliding averaging). These numerical values may already represent time averages of the quantity to be measured.

3.24.4 *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.

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

3.24.5 *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.

3.25 *Linearity*

The closeness to which the actual calibration curve approximates a straight line, as defined in Figure 3, page 23.

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.

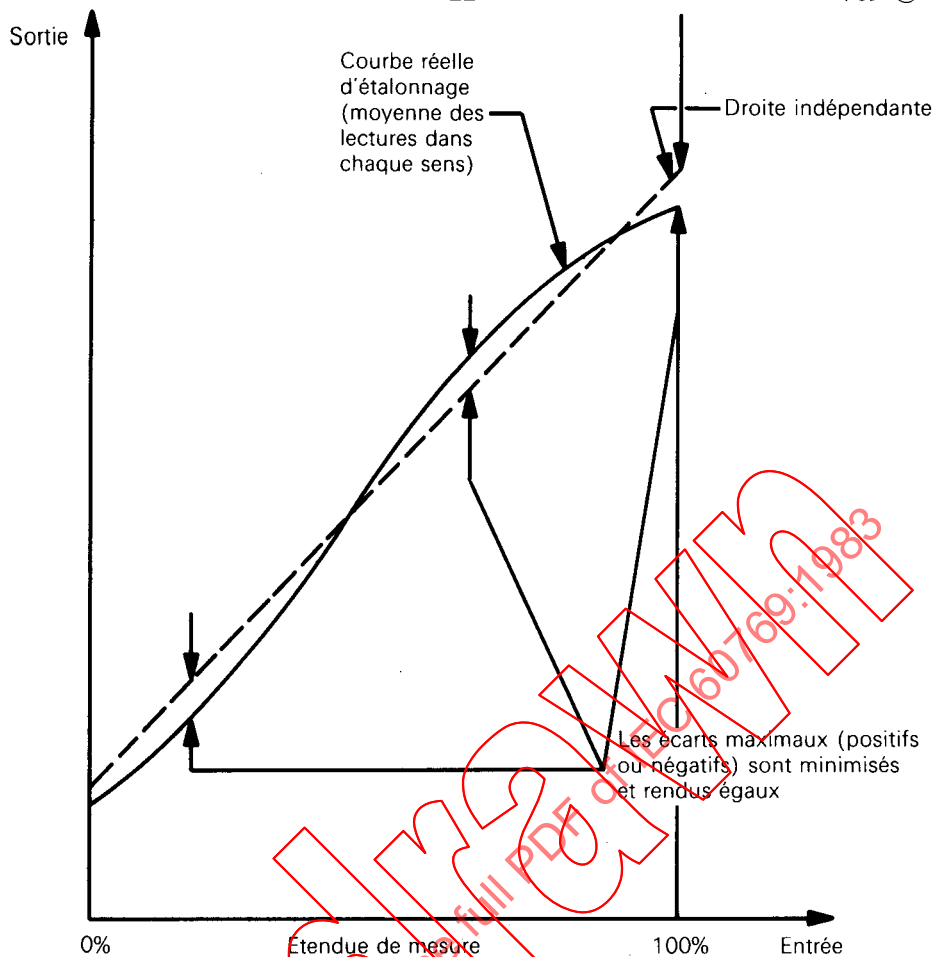


FIG. 3. — Linéarité.

460/83

3.26 Dispositifs de diagnostic

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

3.27 Erreur de profil d'échantillon

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

Notes 1. — C'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 cela est le cas, l'essai devrait être effectué sur le contre-matériau lui-même et les résultats extrapolés ensuite pour un échantillon présent.

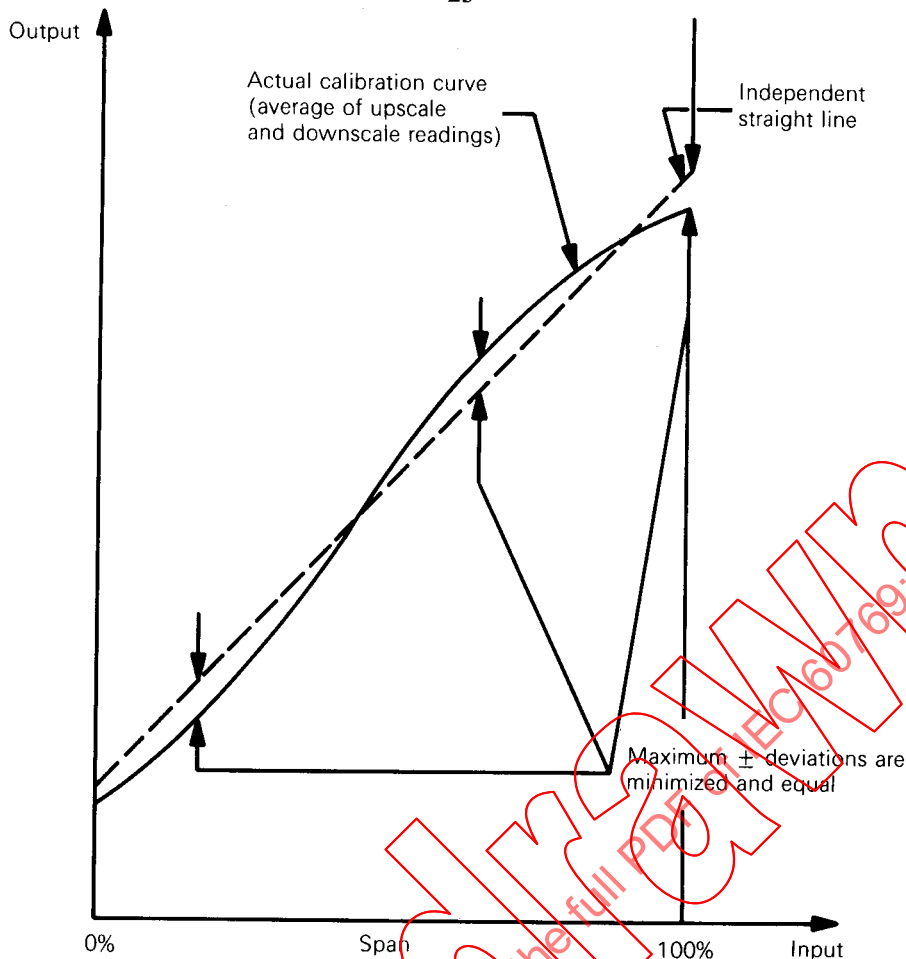


FIG. 3. — Linearity.

460/83

3.26 Diagnostic features

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

3.27 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. 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.

3.28 *Grandeur d'influence*

Grandeur extérieure à l'équipement susceptible d'exercer une influence sur son fonctionnement (Publication 359 de la CEI).

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

3.28.1 *Conditions de référence*

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

3.28.2 *Domaine nominal de fonctionnement*

Domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence quand les prescriptions concernant l'erreur de fonctionnement sont remplies (Publication 359 de la CEI).

3.28.3 *Erreur de ligne de passage*

Erreur causée par un mouvement du matériau dans l'entrefer de mesure en direction perpendiculaire à la ligne de passage. Cette erreur peut être représentée en unité de la mesure de base 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 un millimètre de déplacement).

3.28.4 *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 unité de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure réelle pour une variation spécifiée.

3.28.4.1 *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.

3.28.4.2 *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.

3.28.4.3 *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.

3.28.5 *Effets des variations de composition*

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

3.28.6 *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 unité de la mesure primaire ou sous la forme d'un pourcentage de la mesure effective pour un niveau spécifié de matériau étranger.

3.28 *Influence quantity*

Any quantity, generally external to an apparatus, which may affect its performance (IEC Publication 359).

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

3.28.1 *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 (IEC Publication 359).

3.28.2 *Rated range of use*

The range of values for an influence quantity within which the requirements concerning operating error are satisfied (IEC Publication 359).

3.28.3 *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 (e.g., 0.01 g/m² for 1 mm or 0.5% per millimetre movement).

3.28.4 *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.

3.28.4.1 *Z direction alignment error (air-gap misalignment)*

A deflection error resulting from linear displacement of the heads along the source-detector axis.

3.28.4.2 *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.

3.28.4.3 *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.

3.28.5 *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.

3.28.6 *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.

3.28.7 *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 unité de la mesure primaire ou par un pourcentage de la mesure effective pour un changement spécifié.

3.28.8 *Sensibilité au bruit extérieur*

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

3.28.9 *Tarage*

Dispositif automatique ou semi-automatique dans le système qui normalise la sortie de mesure sous certaines conditions de mesure, par exemple avec seulement un entrefer air, avec des atténuateurs incorporés ou avec un volet 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 d'échantillons de vérification et un changement consécutif des paramètres de traitement sont considérés comme un recalibrage et non pas comme un tarage.

3.28.7 *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.

3.28.8 *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.

3.28.9 *Standardization*

An automatic or semi-automatic 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 insertion of check samples and subsequent change of processing parameters is considered as re-calibration, not standardization.

CHAPITRE II: CONDITIONS D'ESSAI

4. Généralités

Le présent chapitre 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, ainsi que d'effectuer des essais supplémentaires.

A cause des configurations et des applications largement diversifiées des systèmes de mesure d'épaisseur, seuls les essais les plus importants sont normalisés dans le présent chapitre. Pour les 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 toute situation spéciale de ce genre, seulement de légères modifications des procédures et des spécimens qui suivent seront nécessaires.

Les essais en laboratoire de l'article 5 seront normalement 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 du système de mesure à évaluer ou quelle que soit la façon dont celui-ci a été réalisé. Cela est accompli par:

- 1) une spécification des conditions de référence;
- 2) une vérification des 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 dans le cadre de l'article 5 doivent être effectués et leurs résultats doivent être rédigés sous une forme analogue à celle qui est représentée dans l'annexe B. 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 de la caractéristique attendue doit être donnée et rédigée de façon conforme.

Si les résultats des essais de laboratoire découlent d'essais de prototypes ou de modèles de base, des essais et procédures appropriés d'assurance de qualité seront institués en vue d'assurer que chacun des systèmes suivants donnera lieu à des caractéristiques comparables, toutes exceptions devant être notées de façon adéquate.

Les essais effectués sur place et figurant dans l'article 7 sont applicables au système de mesure particulier à l'utilisateur. Ces derniers sont conçus de façon à vérifier les résultats attendus et à présenter des essais supplémentaires qui peuvent convenir à l'application spécifique.

CHAPTER II: TEST REQUIREMENTS

4. General

This chapter 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 chapter. 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 modification of the following procedures and the specimens may be necessary.

The laboratory tests of Clause 5 shall normally 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 tests in Clause 5 shall be performed and the results shall be documented in a format of the type illustrated in Appendix B. If for some reason a test cannot be performed, the reason shall be clearly stated on the evaluation form. In this case, an estimate of the expected performance 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.

The on-site tests of Clause 7 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.

5. 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 à des conditions de référence et les essais destinés à déterminer les effets des grandeurs d'influence.

5.1 Essais de caractéristiques intrinsèques

Les essais de caractéristiques intrinsèques sont effectués à des 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 trois points de contrôle particuliers qui ont été fixés avec des temps de réponse spécifiés. Les têtes de mesure sont maintenues en position fixe pour tous les essais de caractéristiques intrinsèques excepté les essais de bruit électrique et l'essai de longueur de résolution géométrique. Les résultats d'essai en laboratoire doivent faire l'objet d'une documentation qui soit en accord avec l'article 6 et l'annexe B.

5.1.1 Conditions de référence

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

- 5.1.1.1 *Température ambiante* $20 \pm 5^\circ\text{C}$
Variation de température au cours des essais $\pm 1^\circ\text{C}$.
- 5.1.1.2 *Humidité relative* $50 \pm 30\%$
Variations d'humidité au cours des essais $\pm 10\%$.
- 5.1.1.3 *Pression atmosphérique* $101,3 \pm 10\text{ kPa}$
Variation de pression au cours des essais $\pm 0,3\text{ kPa}$.
- 5.1.1.4 *Rayonnement solaire*
Aucun rayonnement direct.
- 5.1.1.5 *Tension du réseau* — Valeur nominale $\pm 10\%$
Variation de tension au cours des essais $\pm 2\%$.

5.1.2 Conditions relatives aux têtes de mesure

Les capteurs de mesure soumis aux essais doivent être montés et essayés en accord avec les spécifications suivantes.

5.1.2.1 Alignement source et tête de détection

Spécifications données par le fabricant pour des positions en point fixe et en déplacement. Variation maximale d'alignement pendant les essais: $\pm 0,2\text{ mm}$. Si cela ne peut être obtenu, la variation réelle de l'alignement sera enregistrée et décrite dans le document concernant les résultats d'essais (article 6 et annexe B).

5.1.2.2 Ligne de passage d'échantillon

Spécification du fabricant. Tolérance de repositionnement de l'échantillon $\pm 1\text{ mm}$.

5. 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.

5.1 *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 three generic test points which have been set with specified response times. The measuring heads are maintained in a stationary position for all of the intrinsic performance tests except the electrical noise test and the geometrical resolution length test. The laboratory test results are to be documented in accordance with Clause 6 and Appendix B.

5.1.1 *Reference conditions*

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

5.1.1.1 *Ambient temperature 20 ± 5 °C*

Temperature variation during the tests ± 1 °C.

5.1.1.2 *Relative humidity 50 ± 30 %*

Humidity variations during the tests ± 10 %.

5.1.1.3 *Barometric pressure 101.3 ± 10 kPa*

Pressure variation during the tests ± 0.3 kPa.

5.1.1.4 *Solar radiation*

No direct radiation.

5.1.1.5 *Mains supply voltage — Rated value ± 10 %*

Voltage variation during the tests ± 2 %.

5.1.2 *Measuring head conditions*

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

5.1.2.1 *Source and detector head alignment*

Manufacturer's specification for both stationary and scanning conditions. Maximum alignment variation during the tests ± 0.2 mm. If this cannot be achieved, the actual alignment variation shall be recorded and explained in the test results document (Clause 6 and Appendix B).

5.1.2.2 *Sample pass line*

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

5.1.2.3 *Echantillons d'essai*

Selon les spécifications données pour chaque essai. Variation de composition de l'échantillon selon la tolérance du fabricant de l'échantillon.

5.1.2.4 *Matériau étranger (poussière)*

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

5.1.3 *Echantillons d'essai*

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

5.1.3.1 Feuilles à l'unité ou empilées de polyester ou autres plastiques stables de différentes épaisseurs ou masses superficielles. Ces échantillons d'essai devraient être directement utilisables pour la simulation de mesure d'épaisseur des feuilles de papier, de différents plastiques, de caoutchouc et de produits plats agglomérés.

5.1.3.2 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.

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

5.1.3.4 Autres échantillons selon accord entre fabricants et utilisateurs.

5.1.4 *Points de contrôle*

Le système de mesure en cours d'essai peut être constitué par différents schémas fonctionnels comme le montre la figure A1, page 60, de l'annexe A. Les essais spécifiés dans le présent chapitre doivent contrôler les signaux aux points de contrôle A, B et C. Ces points sont par ailleurs définis au paragraphe 3.7. Les caractéristiques de fonctionnement, en particulier les temps de réponse, les niveaux de bruit et la linéarité du signal compte tenu de 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 (annexe B) une indication, suivie d'une brève explication, indiquant que le point est «inaccessible» ou que la mesure «n'est pas applicable».

5.1.5 *Préparation des essais*

Après positionnement de la tête de mesure, en accord avec le paragraphe 5.1.2, 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 au paragraphe 5.1.1 sont contrôlées de façon que la conformité au cours de la période d'essai soit assurée (ou que les écarts des conditions de référence soient signalés). Les temps de réponse du système doivent être notés de façon spécifique sur les formulaires d'essai (annexe B). Dans le cas de détecteurs à impulsions, par exemple les détecteurs à scintillation, on indique le taux de comptage plutôt que la constante de temps.

5.1.2.3 *Test samples*

As specified in each test. Sample composition variation; sample manufacturer's tolerance.

5.1.2.4 *Foreign material (dirt)*

Sensor windows cleaned per manufacturer's cleaning procedures.

5.1.3 *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.

5.1.3.1 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 thickness gauging of paper, various plastics, rubber and building board materials.

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

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

5.1.3.4 Other samples as agreed between manufacturers and users.

5.1.4 *Test points*

The measurement system under test may consist of various functional blocks as shown in Figure A1, page 61, in Appendix A. The tests specified in this chapter shall monitor the signals at test points A, B and C. These points are further defined in Sub-clause 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 (Appendix B) with a brief explanation.

5.1.5 *Test preparation*

After setting up the measuring head according to Sub-clause 5.1.2, 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 powered-up and allowed to stabilize for a period specified by the manufacturer. The influence quantities described in Sub-clause 5.1.1 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 (Appendix B). In the case of counting detectors, for example scintillation detectors, the pulse rate should be given instead of a time constant.

5.1.6 Procédures d'essai

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

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

Ces essais doivent être effectués sans influence de la source de rayonnement ionisant, ce qui peut être obtenu soit avec le volet de source fermé, soit en retirant la source du sous-ensemble de mesure. Le bruit aux trois points de contrôle peut être contrôlé à l'aide d'un voltmètre numérique sortant les moyennes imprimées ou par les fonctions automatiques de contrôle 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 pour le bruit électrique sur des périodes de temps déterminées.

5.1.6.1a) Bruit électrique

Pour échantillonner correctement le bruit de fond, le voltmètre numérique doit avoir un temps d'échantillonnage qui ne dépasse pas le $\frac{1}{10}$ du temps de réponse au point de mesure. La fréquence d'échantillonnage devra être telle que l'intervalle entre échantillons soit supérieur à trois fois le temps de réponse du système ($> 3\tau$) au point de mesure.

Pour un système de balayage, les essais de bruit électrique doivent être effectués en deux fois — la première avec des têtes de mesure fixes et ensuite avec le mécanisme de balayage en fonctionnement et les têtes se déplaçant normalement. Pour chacun de ces essais, il y a lieu d'imprimer 40 points de donnée à chacun des trois points de contrôle (A, B et C). L'imprimante du système de mesure peut être utilisée au point C si cela est indiqué. Les moyennes et les écarts types sont calculés à partir de ces données et exprimés en pourcentage de la pleine échelle.

5.1.6.1b) Instabilité électrique à long terme

L'instabilité électrique à long terme est contrôlée à chacun des trois points à l'aide d'un voltmètre numérique à imprimante ou le dispositif d'impression du système de mesure avec une gamme de temps d'échantillonnage se situant entre 5 s et 15 s et une fréquence d'échantillonnage de 15 min, la sortie de l'imprimante se faisant toutes les 15 min sur une période de 10 h (à savoir 40 informations à chacun des points d'essai). La moyenne et les écarts types sont à calculer et à exprimer en pourcentage de la pleine échelle.

Note. — Un dispositif de contrôle avec un enregistreur analogique à grande vitesse peut être substitué au contrôle numérique, dans le cas où c'est indiqué, aussi longtemps qu'il peut être montré que des résultats équivalents sont obtenus pour les moyennes de signaux et les écarts types.

5.1.6.2 Essais de bruit radiométrique et d'instabilité globale

Ces essais sont effectués avec le volet de source ouvert et avec le système de mesure en plein fonctionnement. Les procédures d'essai doivent être les mêmes que celles qui sont décrites au paragraphe 5.1.6.1.

5.1.6.3 Essais de fonctionnement critique

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

- bruit de mesure sur l'étendue de mesure;
- résolution limite due au bruit (ou rapport du bruit équivalent en épaisseur du matériau sur l'étendue de mesure);
- linéarité de l'étalonnage (ou non-linéarité), et
- étendue de mesure.

5.1.6 Test procedures

The measuring heads are to be stationary unless otherwise specified.

5.1.6.1 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 sub-system. The noise at all three test points may be monitored with a printing averaging digital voltmeter or by the automatic logging functions in the gauging system or any other device suitable for the signal present at the test point considered and permitting measurement of the noise. Some sophisticated systems have provision for automatic calculation of electrical noise over specific time periods.

5.1.6.1a) Electrical noise

To properly sample random noise, the digital voltmeter shall have a sampling time no greater than $\frac{1}{10}$ 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, 40 data points are to be printed out at each of the three test points (A, B and C). The measurement system printer may be used at point C if it is appropriate. The averages and the standard deviations shall be computed from these data and expressed as percentages of full scale.

5.1.6.1b) Long-term electrical instability

The long term electrical instability shall be monitored at all three test points with a printing digital voltmeter or the measurement system printout device with the sampling time set in the range of 5 s to 15 s, with a sampling rate of 15 min and data printed out every 15 min over a period of 10 h (40 data points at each test point). The average and the standard deviations are to be computed and expressed as a percentage of full scale.

Note. — Monitoring with a high-speed analogue recorder may be substituted for the digital monitor, where appropriate, so long as it can be shown that equivalent results are obtained for the signal averages and standard deviations.

5.1.6.2 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 Sub-clause 5.1.6.1.

5.1.6.3 Critical performance tests

Tests shall be performed to determine the following performance characteristics:

- measurement noise over the effective measurement range;
- noise-limited resolution (or noise-equivalent-process-thickness over the effective measurement range);
- calibration linearity (or non-linearity), and
- effective range.

Un jeu de 12 échantillons d'essai, sélectionnés en accord avec les dispositions du paragraphe 5.1.3, est nécessaire. L'échantillon le plus léger devra avoir une épaisseur (ou une masse par unité de surface) qui correspond approximativement à la limite inférieure de l'étendue de mesure du système. L'échantillon le plus lourd devra être à peu près de 10 % supérieur à la limite supérieure du système. Les dix autres échantillons devront être 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 à désigner comme échantillons n° 0 à n° 11 dans l'ordre de l'accroissement d'épaisseur. Peser et mesurer la surface de chaque échantillon en vue de déterminer le poids par unité de surface $W_0, W_1 \dots W_{11}$ en grammes par mètre carré (ou, si cela n'est pas pratique, l'épaisseur peut être exprimée en micromètres ou millimètres).

Note. — Si les échantillons d'essai n'ont pas un rapport uniforme poids/surface, il peut être nécessaire de marquer l'emplacement 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, tel le déplacement d'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 nécessitent plusieurs têtes de mesure ou plusieurs configurations de mesure (plusieurs sources de rayonnements 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.

Effectuer le tarage de la jauge d'épaisseur en accord avec la procédure adoptée par le fabricant. Avec le système de mesure en condition pleinement opérationnelle, prélever les données pour chacun des 12 échantillons à la ligne de passe de référence. En utilisant l'imprimante du système ou un voltmètre numérique à imprimante (temps d'échantillonnage $\leq \frac{1}{10} \tau$ et fréquence d'échantillonnage $\geq 3\tau$ aux points de contrôle A, B et C respectivement), enregistrer 40 points de donnée à chaque point de contrôle pour chacun des échantillons. Calculer les valeurs moyennes des signaux A_i, B_i et C_i ($i = 0, 1, \dots, 11$) et les écarts types DA_i, DB_i et DC_i ($i = 0, 1, \dots, 11$) aux points de contrôle A, B et C pour chaque échantillon mesuré. Les unités de mesure peuvent être choisies de la façon la plus appropriée pour chaque point d'essai.

5.1.6.3a) Bruit de mesure

Calculer le bruit de mesure en pourcentage sur l'étendue de mesure effective comme suit:

$$NA_i = \frac{DA_i}{A_i} \times 100$$

$$NB_i = \frac{DB_i}{B_i} \times 100$$

$$NC_i = \frac{DC_i}{C_i} \times 100$$

où: $i = 0, 1, \dots, 10$

5.1.6.3b) Résolution limite due au bruit

Calculer la résolution limite due au bruit en grammes par mètre carré, en micromètres ou millimètres (épaisseur) sur l'étendue de mesure effective comme suit:

$$RA_i = \left| \frac{DA_i (W_{i+1} - W_i)}{A_{i+1} - A_i} \right|$$

$$RB_i = \left| \frac{DB_i (W_{i+1} - W_i)}{B_{i+1} - B_i} \right|$$

$$RC_i = \left| \frac{DC_i (W_{i+1} - W_i)}{C_{i+1} - C_i} \right|$$

où: $i = 0, 1, \dots, 10$

A set of 12 test samples, selected in accordance with Sub-clause 5.1.3 are required. The lightest sample should have a thickness (or mass per unit area) which corresponds approximately to the lower limit of the system's effective measurement range. The heaviest sample should be approximately 10% greater than the system's 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 through sample No. 11 in order of increasing thickness. Weigh and measure the area of each sample to determine the weight per unit area $W_0, W_1 \dots W_{11}$ in grams 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, die-out and weigh these specimens to determine the effective weight 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.

Standardize the gauge according to the manufacturer's procedure. With the measurement system in its fully operational condition, take data for each of the 12 samples at the reference pass line. Using the system's printer or a printing digital voltmeter (sampling times $\leq \frac{1}{10} \tau$ and sampling rate $\geq 3\tau$ at test points A, B and C, respectively), record 40 data points at each test point, for each sample. Calculate the average signal values A_i, B_i and C_i ($i = 0, 1, \dots, 11$), and the standard deviations DA_i, DB_i and DC_i ($i = 0, 1, \dots, 11$) for test points A, B and C for each sample measured. The units of measure may be whatever is convenient or appropriate at each test point.

5.1.6.3a) Measurement noise

Compute the measurement per cent noise over the effective measurement range as follows:

$$NA_i = \frac{DA_i}{A_i} \times 100$$

$$NB_i = \frac{DB_i}{B_i} \times 100$$

$$NC_i = \frac{DC_i}{C_i} \times 100$$

where: $i = 0, 1, \dots, 10$

5.1.6.3b) Noise-limited resolution

Compute the noise-limited resolution in grams per square metre, or in micrometres or millimetres (thickness) over the effective measurement range as follows:

$$RA_i = \left| \frac{DA_i (W_{i+1} - W_i)}{A_{i+1} - A_i} \right|$$

$$RB_i = \left| \frac{DB_i (W_{i+1} - W_i)}{B_{i+1} - B_i} \right|$$

$$RC_i = \left| \frac{DC_i (W_{i+1} - W_i)}{C_{i+1} - C_i} \right|$$

where: $i = 0, 1, \dots, 10$

Calculer la résolution limite due au bruit en pourcentage sur l'étendue de mesure effective comme suit:

$$PRA_i = \frac{RA_i}{W_i} \times 100$$

$$PRB_i = \frac{RB_i}{W_i} \times 100$$

$$PRC_i = \frac{RC_i}{W_i} \times 100$$

où: $i = 0, 1, \dots, 10$

5.1.6.3c) Linéarité de la courbe d'étalonnage

L'absorption de rayonnement est une fonction non linéaire de l'épaisseur du matériau mesuré. Des techniques diverses sont employées dans des synthèses 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) ou des expressions non linéaires (par exemple polynômes, développements en série, etc.). Le résultat en est que la sortie des systèmes de mesure au point de contrôle C_i , $C(W_i)$, doit être approximativement une fonction linéaire des valeurs W_i de l'échantillon d'essai. Après linéarisation, la valeur de l'épaisseur indiquée ou le poids par unité de surface s'exprime de la façon suivante (voir figure 3, page 22):

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

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

$$SD = \sqrt{\sum_{i=0}^{10} \left(\frac{C(W_i) - C_i}{C_i} \right)^2 / 10}$$

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 $C(W_i)$ et de C_i en fonction de W_i doit être contenu dans le 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 $C(W_i) - C_i$ en fonction de W_i doit être inclus.

La relation entre C_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 C_i doit être effectué sans entrée de la part de l'opérateur ou changement des réglages.

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

Condition 2: Affichage de l'épaisseur nominale

Les essais de linéarité doivent être effectués sur l'étendue de mesure du système avec aucune entrée de la part de l'opérateur, autre que les valeurs T_i , où T_i représente l'épaisseur nominale

Compute the per cent noise-limited resolution over the effective measurement range as follows:

$$PRA_i = \frac{RA_i}{W_i} \times 100$$

$$PRB_i = \frac{RB_i}{W_i} \times 100$$

$$PRC_i = \frac{RC_i}{W_i} \times 100$$

where: $i = 0, 1, \dots, 10$

5.1.6.3c) 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 (straight line segments) expressions or non-linear ones (e.g., polynomials, power series, etc.). The net result is that the measurement system output at test point C, $C(W_i)$, should be approximately linear with respect to the test sample input values W_i . After linearization, the expression for indicated thickness or weight per unit area will be of the form (see Figure 3, page 23):

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

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

$$SD = \sqrt{\sum_{i=0}^{10} \left(\frac{C(W_i) - C_i}{C_i} \right)^2 / 10}$$

The per cent standard deviation, $100 \cdot SD$, is the measure of per cent non-linearity of the measurement system's calibration. A graph representing the plots of $C(W_i)$ and C_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 $C(W_i) - C_i$ versus W_i shall be included.

The relationship between C_i versus 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 C_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 C, will be recorded.

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 thickness of the test sample expressed

de l'échantillon d'essai exprimée en unité traditionnelle identique à celle de C_i . Le fabricant doit déclarer que T_i doit tomber à l'intérieur de cette étendue de mesure pour son système 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 spécifiera ces entrées et effectuera l'essai en conséquence.

5.1.6.3d) Linéarité de déviation

Certains systèmes de mesure fonctionnent uniquement comme des instruments à déviation et ne possèdent pas de tarages permanents absolus. Dans ce cas, l'erreur de linéarité de l'instrument à déviation devient importante et la linéarité de l'étalonnage, telle que présentée dans les articles précédents, a peu de signification. Ces systèmes délivrent, en fonction du matériau à mesurer, un signal de sortie qui est, soit un pourcentage d'écart, soit un écart absolu par rapport à une valeur de référence.

L'essai de linéarité de la déviation consiste à régler le système de mesure afin qu'il indique une déviation nulle pour une épaisseur ou un poids par unité de surface de référence. Puis, sans changer le réglage, des échantillons d'essais de différentes valeurs sont mesurés et les résultats de mesure enregistrés. La différence entre la valeur réelle et la valeur indiquée, pour chaque échantillon d'essai, représente l'erreur de linéarité de déviation.

Cet essai doit être exécuté pour différentes valeurs de référence situées dans l'étendue de mesure. Les échantillons d'essais W_1 à W_9 sont utilisés et représentent les valeurs de référence. Des échantillons supplémentaires, en nombre suffisant, sont nécessaires pour permettre la détermination des erreurs de linéarité de déviation pour des écarts de $\pm 10\%$ et $\pm 20\%$ autour des valeurs de référence. L'erreur de linéarité de déviation doit être consignée comme un pourcentage de la valeur de référence pour chacune des déviations considérées.

5.1.6.3e) Etendue de mesure

L'étendue de mesure d'un système de mesure est une fonction de nombreux facteurs dont on laisse la définition au soin du fabricant. Un certain nombre de ces facteurs qui limitent cette étendue sont 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 tête de mesure, variations de la ligne de passage et présence de matériau étranger.

5.1.6.4 Essais de reproductibilité

Ces essais sont accomplis en effectuant une série de mesures alors qu'à chaque fois le système de mesure doit passer par son cycle normal de tarage et cela avant de procéder à la mesure d'un échantillon d'essai. Les mesures doivent être effectuées aux points d'essai A et C en utilisant l'imprimante du système ou un voltmètre numérique avec imprimante ayant un temps d'échantillonnage de 10 s. (Laisser un temps d'attente approprié.) Les essais seront effectués avec les échantillons nos 1, 5 et 9, comme spécifié au paragraphe 5.1.6.3 ou à l'aide d'autres échantillons convenables représentant 10%, 50% et 90% de l'étendue de mesure. Les valeurs mesurées sont désignées par SA_{ij} et SC_{ij} , où i est l'identification d'échantillon et j représente le numéro de lecture.

in customer units identical to that of C_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.

5.1.6.3d) *Deviation linearity*

Some measurement systems operate only as deviation instruments and do not have permanent absolute calibrations. In this 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 thickness or weight per unit area. 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 is to be conducted for target values throughout the effective measurement range. Test samples W_1 through W_9 are to be used as target values. Sufficient additional samples are required to permit the determination of the deviation linearity errors at deviations of $\pm 10\%$ and $\pm 20\%$ from each of the target values. The deviation linearity error is to be reported as a percentage of the target value for each of the deviations.

5.1.6.3e) *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. Some of the factors which limit this range are 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 build-up.

5.1.6.4 *Reproducibility tests*

These tests shall be accomplished by making a series of measurements wherein each time the measurement system is put through its normal standardization cycle and then a test sample is measured. Measurements are to be made at test points A and C using the system printer or a printing digital voltmeter with a 10 s sampling time. (Allow an appropriate settling time.) The tests shall be performed with samples Nos. 1, 5, and 9, as specified in Sub-clause 5.1.6.3 or other suitable samples representing 10%, 50% and 90% of the effective measurement range. The measured values are designated SA_{ij} and SC_{ij} , where i is the sample identification and j is the reading number.

Pour l'essai, effectuer les préparations précisées au paragraphe 5.1.5. Effectuer le tarage du système, mesurer et enregistrer ensuite les signaux SA_{a1} et SC_{a1} correspondant à une absence d'échantillon d'essai (air uniquement) dans l'entrefer de mesure. L'étape suivante 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 SC_{11} . Remplacer l'échantillon n° 1 par l'échantillon n° 5 (et ensuite par le n° 9) et répéter le marquage, la mesure et la procédure d'enregistrement. Répéter cette séquence d'essais dix fois de suite, 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 en accumulant ainsi les données:

$$\left. \begin{matrix} SA_{ij} \\ SC_{ij} \end{matrix} \right\} i = a, 1, 5, 9 \quad j = 1, 2, \dots, 10$$

Les signaux aux points de contrôle A et C doivent être de base zéro. Cela signifie que SA_{aj} doit être à la valeur maximale et que le signal SC_{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 correspondant à ces critères.

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

$$\begin{aligned} \overline{SA_i} &= \frac{\sum_{j=1}^{10} SA_{ij}}{10} & i = a, 1, 5, 9 \\ \overline{SC_i} &= \frac{\sum_{j=1}^{10} SC_{ij}}{10} \\ SDA_i &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SA_{ij} - \overline{SA_i})^2}{9}} & i = a, 1, 5, 9 \\ SDC_i &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SC_{ij} - \overline{SC_i})^2}{9}} \end{aligned}$$

5.1.6.4a) Reproductibilité radiométrique

Les erreurs en pourcentage de la reproductibilité radiométrique (du signal correspondant à l'entrefer) sont calculées à partir de:

$$RRP_i = \frac{SDA_i}{SA_a} \times 100 \quad i = a, 1, 5, 9$$

5.1.6.4b) Reproductibilité de mesure

Les erreurs en pourcentage de la reproductibilité de mesure (de valeurs d'épaisseur mesurées) sont calculées à partir de:

$$MRP_i = \frac{SDC_i}{SC_i} \times 100 \quad i = a, 1, 5, 9$$

Prepare for the test as specified in Sub-clause 5.1.5. Standardize the measuring system, then measure and record signals SA_{a1} and SC_{a1} corresponding to no test sample (air only) in the measuring gap. Next, place test sample number 1 on a sample holder at the reference pass line and carefully mark its exact position on the holder. Measure and record signals SA_{11} and SC_{11} . Replace sample number 1 with sample number 5 (and then number 9) and repeat the marking, measuring, and recording procedure. Repeat this sequence of test measurements ten 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 ten times and the recording of 40 data values at each test point, thus accumulating the data:

$$\left. \begin{matrix} SA_{ij} \\ SC_{ij} \end{matrix} \right\} i = a, 1, 5, 9 \quad j = 1, 2, \dots, 10$$

The signals at test points A and C shall be zero based. That is, SA_{aj} shall be a maximum value and the signal SC_{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:

$$\overline{SA_i} = \frac{\sum_{j=1}^{10} SA_{ij}}{10} \quad i = a, 1, 5, 9$$

$$\overline{SC_i} = \frac{\sum_{j=1}^{10} SC_{ij}}{10}$$

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

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

$$SDC_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (SC_{ij} - \overline{SC_i})^2}{9}}$$

5.1.6.4a) Radiometric reproducibility

The radiometric reproducibility percentage errors (of air-gap signal) are computed from:

$$RRP_i = \frac{SDA_i}{SA_a} \times 100 \quad i = a, 1, 5, 9$$

5.1.6.4b) Measurement reproducibility

The measurement reproducibility percentage errors (of measured thickness values) are computed from:

$$MRP_i = \frac{SDC_i}{SC_i} \times 100 \quad i = a, 1, 5, 9$$

5.1.6.5 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, B et C. Deux essais seront effectués: le premier en passant d'une épaisseur nulle (absence de matériau) à une épaisseur approximative correspondant à 10% de l'étendue de mesure; 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 à leur valeur finale, à $\pm 2\sigma$ près, doivent être moyennés et enregistrés, c'est 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 un facteur 10 inférieur au temps de restitution du système.

5.1.6.6 Temps de réponse et 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 aux points de contrôle A, B et C 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 situé 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 passage 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 de faciliter la variation échelon en temps opportun.

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

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 au moins à cinq fois le temps de réponse après l'insertion ou l'enlèvement de l'absorbeur.

Variation échelon =

(valeur finale stable — valeur initiale stable).

Temps de réponse moyen: voir définition au paragraphe 3.23.1.

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

Temps d'établissement moyen: voir définition au paragraphe 3.23.2.

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

5.1.6.5 *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, B, and C. 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 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.

5.1.6.6 *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, B, and C, 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 ten 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 D/A 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, B, and C.

A minimum of three recordings, oscilloscope trace photographs, or print-outs 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 Sub-clause 3.23.1.

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

Mean settling time: see definition in Sub-clause 3.23.2.

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

5.1.6.7 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 matériau mesurés, montage de guides et barrières protectrices, ainsi que la proximité d'autres capteurs ou dispositifs mécaniques.

L'«aire de mesure effective» 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 ou autres considérations dynamiques.

L'une et l'autre de ces aires de mesure peuvent être fonction de l'épaisseur du matériau mesuré et de la ligne de passage de mesure. Aux fins de la présente norme, les essais d'aire de mesure sont conduits avec les échantillons n° 0 (W_0) et n° 10 (W_{10}) (voir paragraphe 5.1.6.3) positionnés à la ligne de passage de référence.

5.1.6.7a) Aire de mesure totale

Deux méthodes peuvent être employées pour déterminer l'aire de mesure totale. La première méthode est réservée aux échantillons uniformes de matériaux homogènes. L'échantillon d'essai est placé à la ligne de passage de référence et on le retire lentement du faisceau de mesure 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.

La seconde méthode peut être utilisée avec n'importe quel échantillon. L'échantillon d'essai est maintenu fixe à la ligne de passage de référence. Un second absorbeur, épais au moins de moitié, est placé dans l'entrefer de mesure en contact glissant avec l'échantillon de mesure sur le 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 dans le 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.

5.1.6.7b) Aire effective de mesure

L'aire effective de mesure est évaluée par approximation de manière similaire à la seconde méthode décrite ci-dessus. Pour cet essai, l'absorbeur glissant doit être opaque au faisceau de rayonnement (facteur de transmission $< 0,01$). Avec l'échantillon d'essai maintenu fixe à la ligne de passage de référence, glisser l'absorbeur opaque dans le faisceau de rayonnement, le long du détecteur, du côté de l'échantillon d'essai, 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.

5.1.6.8 Longueur de résolution géométrique du système

La longueur de résolution géométrique est fonction de l'aire de mesure effective, du temps de réponse du système, de la vitesse d'exploration et, à un certain degré, de l'épaisseur du

5.1.6.7 *Measurement area*

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 (mass/area) 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.

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 number 0 (W_0) and number 10 (W_{10}) (see Sub-clause 5.1.6.3) located at the reference pass line.

5.1.6.7a) *Total measurement area*

Two methods may be employed to determine the total measurement area. The first 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 extreme 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.

The second 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 (e.g., 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.

5.1.6.7b) *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.

5.1.6.8 *System geometrical resolution length*

The geometrical resolution length is a function of the effective measurement area, system response time, the scanning speed, and, to some degree, the measured material thickness. The

matériau mesuré. L'utilisateur peut spécifier le temps de réponse, la vitesse d'exploration et l'épaisseur du produit, et demander au fabricant de faire le nécessaire en ce qui concerne la longueur de résolution géométrique. Autrement, ces essais seront effectués sur place comme spécifié au paragraphe 7.2.

5.1.6.9 *Dispositifs de diagnostic*

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

5.2 *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 au paragraphe 5.1. Toutes les grandeurs d'influence, sauf celle qui est étudiée, doivent rester sous les conditions de référence spécifiées aux paragraphes 5.1.1 et 5.1.2. Si des moyens sont prévus dans le système de mesure pour compenser automatiquement un certain nombre des erreurs causées par les grandeurs d'influence, la valeur des erreurs avant et après compensation est à préciser, et ces moyens de compensation sont à identifier. Ces moyens de compensation peuvent inclure un tarage périodique du système de mesure, une mesure de température et sa compensation, une mesure du profil de balayage avec compensation, et d'autres moyens. Les résultats d'essai en laboratoire doivent être assortis d'une documentation en accord avec l'article 6 et l'annexe B.

5.2.1 *Essais portant sur l'alimentation secteur*

Les effets dus aux modifications de l'alimentation secteur doivent être déterminés en accord avec le paragraphe 5.10 de la Publication 359 de la CEI (voir annexe C).

5.2.2 *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, B et C à des températures approximatives de 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C et 110 °C; on doit rester à chaque température pendant une période d'au moins 2 h ou pendant le temps nécessaire pour parvenir à un état d'équilibre. 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 était trop élevée pour l'équipement en cours d'essai, le fabricant devrait en faire la déclaration sur le rapport de résultats des essais en laboratoire.

5.2.3 *Essais d'humidité ambiante*

Les têtes de mesure devront être placées dans un environnement d'approximativement 10%, 50% et 90% d'humidité relative pour un minimum de 2 h chacun ou jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit obtenu, et les effets doivent en être déterminés et enregistrés ainsi qu'il est décrit au paragraphe 5.2.2.

5.2.4 *Essais de mauvais alignement des têtes de mesure*

Ces essais sont particulièrement importants pour les systèmes de mesure du type 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.

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 Sub-clause 7.2.

5.1.6.9 *Diagnostic features*

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

5.2 *Influence quantities and tests*

Laboratory tests for the effects of influence quantities upon a measuring system's performance characteristics make use of the same test points and test samples as employed in Sub-clause 5.1. All influence quantities, except the one under consideration, shall remain under the reference conditions specified in Sub-clauses 5.1.1 and 5.1.2. 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 are evaluated and the means of compensation is to be identified. These means of compensation may include periodic standardizing of the measurement system, temperature sensing and compensation, scan profile measurement and compensation, and others. The laboratory test results are to be documented in accordance with Clause 6 and Appendix B.

5.2.1 *Mains supply voltage tests*

Effects due to mains supply voltage changes shall be determined in accordance with Sub-clause 5.10 of IEC Publication 359 (see Appendix C).

5.2.2 *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, B and C at approximate temperatures of 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C, and 110 °C, remaining at each temperature for a period of at least 2 h or such time as is required to reach equilibrium. The signals and the errors caused by the temperature change before and after any compensation shall be recorded. If any of these temperatures are too high for the equipment being tested, the manufacturer should so state on the laboratory test results report.

5.2.3 *Ambient humidity tests*

The measuring heads shall be placed in an environment of approximately 10%, 50% and 90% relative humidity for a minimum of 2 h each or until equilibrium is reached and the effects shall be determined and recorded as described in Sub-clause 5.2.2.

5.2.4 *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.

Effectuer le tarage du système de mesure. Lire et enregistrer le niveau de signal au point de contrôle C 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 (échantillons d'essai nos 1, 5 et 9). Les erreurs de mesure d'épaisseur (point de contrôle C) doivent être exprimées en tant que pourcentage du matériau mesuré (épaisseur d'échantillon d'essai ou masse surfacique).

Désaligner ensuite les têtes de 1 mm, 2 mm et 4 mm dans trois directions orthogonales. Si le désalignement maximal prévu en toute 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 tête. Les trois directions orthogonales doivent être désignées comme suit:

Désalignement en direction Z

dans la direction du faisceau de rayonnement.

Désalignement en direction Y

dans la direction de balayage du mécanisme de déplacement (direction en travers du matériau).

Désalignement en direction X

perpendiculaire aux deux axes ci-dessus (direction le long du matériau).

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 chaque direction, sous toute 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.

5.2.5 Essais de la ligne de passage d'échantillon

Les niveaux de signal sont mesurés et enregistrés aux points de contrôle A et C pour les échantillons d'essai nos 1, 5 et 9, à différentes lignes de passage. Des données doivent être relevées pour un nombre suffisant de lignes de passage de manière à caractériser les réponses de mesure sur l'ensemble de l'entrefer de mesure. Les lignes de passage et la dimension de l'entrefer de mesure seront spécifiées en millimètres.

Les effets radiométriques de ligne de passage (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 C) dues aux modifications de ligne de passage doivent être exprimées en pourcentage des épaisseurs des échantillons d'essai (ou en masse par unité de surface). Si l'erreur est non linéaire, elle peut être représentée graphiquement.

5.2.6 Essais relatifs aux matériaux étrangers (poussière sur les fenêtres)

La présence de matériaux étrangers est simulée en plaçant des films minces d'un matériau de polyester sur les fenêtres du bloc émetteur et du bloc récepteur. Les niveaux de signal au point de contrôle C sont mesurés et enregistrés pour les échantillons de mesure nos 1, 5 et 9 à la ligne de passage de référence, en l'absence de matériaux étrangers simulés sur les fenêtres de 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, permise entre chaque condition d'essai. Toutes les mesures ainsi que les erreurs sont à enregistrer.

Note. — Si le film de polyester ne représente pas correctement le matériau étranger à simuler, choisir des matériaux plus appropriés.

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

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 re-standardizing the gauge at each head position. The three orthogonal directions shall be designated as follows:

Z direction misalignment
in the direction of the radiation beam.

Y direction misalignment
in the scanning direction of the traversing mechanism (cross-process direction).

X direction misalignment
perpendicular to the above two axes (process flow direction).

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.

5.2.5 Sample pass line tests

Signal levels are measured and recorded at test points A and C for test samples number 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. 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 C) due to the pass line change shall be expressed as percentages of the test sample thicknesses (or mass per unit area). If the error is nonlinear, it may be represented graphically.

5.2.6 Foreign material (window dirt) tests

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 C are measured and recorded for test samples number 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 re-standardization, 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.

5.2.7 *Décroissance de la source*

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

5.2.8 *Essais de température de l'entrefer d'air*

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 l'ensemble de l'entrefer de mesure. Les signaux aux points de contrôle A et C 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 résultant doivent être enregistrés ensemble avec la température effective d'air chaud. Les données doivent être relevées avec et sans compensation de température de l'air.

5.2.9 *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 composés caractéristiques 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 C, et cela avant et après chaque compensation de variation de composition chimique. Des composés caractéristiques de certaines applications sont énumérés ci-après:

TiO ₂ , kaolin, CaCO ₃ , Fe ₂ O ₃	pour applications concernant le papier
Fe, Mn, Si, Cu, Ni, Zn	pour applications concernant l'aluminium
C, Cr, Si, Mn, Mo	pour applications concernant l'acier
Oxydes de zinc, soufre	pour applications concernant le caoutchouc
TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , carbone	pour applications concernant les matières plastiques

5.2.10 *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 devant être compensées;
- méthodes employées (nombre de points d'étalonnage, nombre et type d'atténuateurs, algorithmes, etc.);
- temps nécessaire pour accomplir un cycle d'étalonnage;
- fréquence d'étalonnage;
- efficacité de l'étalonnage (degré de compensation et précision de l'étalonnage).

6. **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. Le format présenté à l'annexe B est recommandé. Il est rédigé dans le même ordre que les essais de l'article 5 avec des références aux paragraphes contenant la description des essais. Des exemples d'informations et de données sont indiqués entre parenthèses ().

5.2.7 *Source decay*

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

5.2.8 *Air-gap temperature tests*

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 C 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.

5.2.9 *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 C, and be given for both before and after any chemical composition compensation. Typical additives for some applications are listed below:

TiO ₂ , clay, CaCO ₃ , Fe ₂ O ₃	for paper applications
Fe, Mn, Si, Cu, Ni, Zn	for aluminium applications
C, Cr, Si, Mn, Mo	for steel applications
Zinc oxides, sulphur	for rubber applications
TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , carbon	for plastic applications

5.2.10 *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.);
- time required to complete standardization cycle;
- frequency of standardization;
- effectiveness of standardization (degree of compensation and standardization accuracy).

6. **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 presented in Appendix B is recommended. It is organized in the same order as the tests of Clause 5 with cross-reference to the sub-clauses containing the test description. Illustrative information and data are shown in parentheses ().

7. Essais sur place

Les essais en laboratoire des articles 5 et 6 se passent normalement dans le laboratoire du fabricant pour mettre au point l'information relative 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, B et C peuvent être différents de ceux figurant dans le système de l'utilisateur également.

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 les procédures de l'article 5 peuvent être suivies. C'est le type de mesure à effectuer et l'agencement 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 l'article 5, il y aura lieu de prendre en considération des changements à opérer dans les essais. Le format présenté à l'annexe B peut être utilisé, avec les changements souhaitables éventuels, pour rédiger des documents concernant les essais sur place.

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 point de mesure normalisé. Ces échantillons ont été, au préalable, mesurés d'une façon précise et leurs valeurs mentionnées dans le rapport d'étalonnage qui accompagne chaque système.

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

Un programme de vérification de bon fonctionnement, à partir d'un capteur en ligne, doit être établi 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. Ce programme doit inclure les lectures de la mesure 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 la connaissance expérimentale obtenue en ce qui concerne la stabilité du système.

Il est particulièrement important de répéter, sur le site, l'essai de linéarité de l'étalonnage, mentionné au paragraphe 5.1.6.3c), 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 de panne. Aucun effort significatif de réétalonnage n'est nécessaire s'il peut être montré 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 à l'intérieur 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.

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

Après avoir aligné de façon appropriée le mécanisme de déplacement, un échantillon de référence est positionné à la ligne de passage de référence et la tête de mesure est manœuvrée

7. On-site tests

The laboratory tests of Clauses 5 and 6 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, B and C 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 Clause 5 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 Clause 5, consideration should be given to making appropriate changes in the tests. The format presented in Appendix B, with suitable changes, may be used to document the on-site 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 on-going 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.

It is particularly important to repeat the calibration linearity test of Sub-clause 5.1.6.3c) 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.

7.1 *System sample profile error test*

After the traversing mechanism is properly aligned, a reference sample is positioned at the reference pass line and the measuring head is traversed at its normal scanning speed over its

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 d'échantillon est à représenter à partir des sorties de lecture normales du système (enregistrement, affichage vidéo, sortie imprimante, tableau établissant une correspondance entre l'épaisseur et la position le long du mécanisme de balayage, etc.). Le temps de mesure de l'échantillon pour chaque position ainsi que le filtrage et le conditionnement de tout signal doivent être pris en considération.

Cet essai doit être effectué pour des échantillons de référence représentant les limites inférieures et supérieures de mesure du produit aussi bien qu'une ou plusieurs épaisseurs d'échantillon intermédiaires. L'erreur de profil d'échantillon est exprimée comme l'écart de la valeur réelle de chaque échantillon de référence mesuré après le cycle d'étalonnage.

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

7.2 Essai de longueur de résolution géométrique

La longueur de résolution géométrique est une fonction de l'aire de mesure effective du capteur, du temps de réponse du système, de la vitesse d'exploration de la tête de mesure et, à un certain degré, de l'épaisseur du matériau mesuré.

Fabriquer des échantillons d'essai en utilisant un matériau de base homogène qui simule le matériau qu'on a l'intention de mesurer et y fixer des bandes du même matériau de largeur et d'épaisseur désirées de façon à représenter l'irrégularité du produit. Dans la plupart des cas, l'épaisseur des bandes devrait être, si possible, de 5% à 10% de l'épaisseur du matériau de base. Ces surépaisseurs doivent représenter un nombre fractionnaire ou un multiple entier des dimensions de l'aire de mesure effective du capteur. Par exemple, si x représente la dimension de l'aire de mesure effective, il y a lieu de fabriquer des surépaisseurs de $\frac{1}{2}x$, x , $2x$, $3x$, Ménager suffisamment d'espace entre deux bandes adjacentes de façon que le signal de mesure ait suffisamment de temps pour les détecter au cours du balayage. (L'espacement doit être au moins de la largeur de l'aire de mesure effective plus cinq fois le temps de réponse multiplié par la vitesse d'exploration la plus rapide.) Fabriquer un échantillon différent pour chaque épaisseur de matériau de base souhaitée et chaque surépaisseur souhaitée.

Avec les échantillons d'essai placés à la ligne de passage de référence, effectuer une mesure de profil d'échantillon du système dans les deux directions de balayage avant et arrière pour chaque vitesse de balayage spécifiée. Répéter chaque balayage au minimum trois fois et moyenner les résultats. La longueur de résolution géométrique sera alors déterminée par analyse des lectures prévues du système (enregistrement, affichage vidéo, sortie d'imprimante, etc.). La longueur de résolution géométrique pour un quelconque ensemble de conditions donné est la valeur la plus petite de surépaisseur détectée (ou calculée) et doit être comprise à l'intérieur de la précision désirée pour la valeur vraie d'épaisseur. Les exigences concernant cette précision peuvent varier de façon significative selon les applications, par exemple à l'intérieur de la bande de bruit radiométrique; ou à l'intérieur de 70,7% de la valeur vraie; ou à l'intérieur de 63,2% de la valeur vraie.

full path of travel in both the forward and reverse directions. The apparent sample thickness profile is documented from the normal system read-outs (recorder trace, video display, printer-plotter output, table of thickness and distance along the traversing mechanism, etc.). The sample measurement time for each position 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 thicknesses in between. The sample profile error is expressed as the deviation from the actual value of each reference sample as measured after the calibration cycle.

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 (e.g., if the process material is normally hot, run the sample profile test immediately after a sheet break).

7.2 Geometrical resolution length test

The geometrical resolution length is a function of the sensor effective measurement area, system response time, measurement head scanning speed, and, to some degree, the measured material thickness.

Make test samples by using a homogeneous base material which simulates the intended measured material and attach strips of the same material with the desired widths and thicknesses to represent product irregularities. In most cases, the thickness of the strips should be 5% to 10% of the base material thickness, if this is possible. The widths of the strips should be in fractional and whole multiples of the width of the effective measurement area of the sensor. For example, if x is the width of the effective measurement area, make strips of $\frac{1}{2}x$, x , $2x$, $3x$, ... Allow sufficient space between adjacent attached strips so that the measurement signal will recover fully between strips as the heads scan. (The spacing should be at least the width of the effective measuring area plus the fastest scan speed times five response times.) Make a separate sample for each desired base material thickness and streak thickness.

With the test samples suspended at the reference pass line, run a sample profile measurement in both the forward and reverse scan directions for each scan speed specified for the system. Repeat each scan a minimum of three times and average the results. The geometrical resolution length will then be determined by analysis of the resulting system readouts (recorder trace, video display, printer output, etc.). The geometrical resolution length for any given set of conditions is the smallest width of streak which is documented (or calculated) to be within the desired accuracy of the true thickness value. Accuracy requirements may vary significantly based on the application; for example: within the radiometric noise band; or within 70.7% of true value; or within 63.2% of true value.

ANNEXE A

DESCRIPTION D'UN SYSTÈME DE MESURE COMPLET

Des systèmes de mesure par rayonnement ionisant pour applications industrielles existent sous bien des formes et à des degrés largement variables de complexité. Afin de pouvoir comparer effectivement leurs possibilités et les limitations auxquelles sont soumises leurs caractéristiques de base, il est nécessaire d'identifier leurs fonctions communes ainsi que les points appropriés sur lesquels doivent porter les contrôles. La figure A1, page 60, présente le schéma fonctionnel d'un système de mesure complet auquel il est fait référence dans la présente norme. Mettre en relation les dispositifs et fonctions réels d'un système donné avec ce système généralisé facilitera l'essai et l'évaluation du système à essayer.

La figure A1 sert à indiquer de façon spécifique à quoi font référence les différentes spécifications et essais de la présente norme et à permettre aux usagers d'apporter un jugement sur leur pertinence à propos de chaque article. L'exposé qui suit en ce qui concerne les différents blocs numérotés du schéma de la figure A1 peut aider à sa compréhension. Les temps de réponse effectifs de mesure ainsi que le bruit dans le système généralisé sont caractérisés par τ et σ . Chaque bloc du schéma associé aux signaux de mesure apporte sa propre contribution aux caractéristiques de temps de réponse et de bruit du système complet.

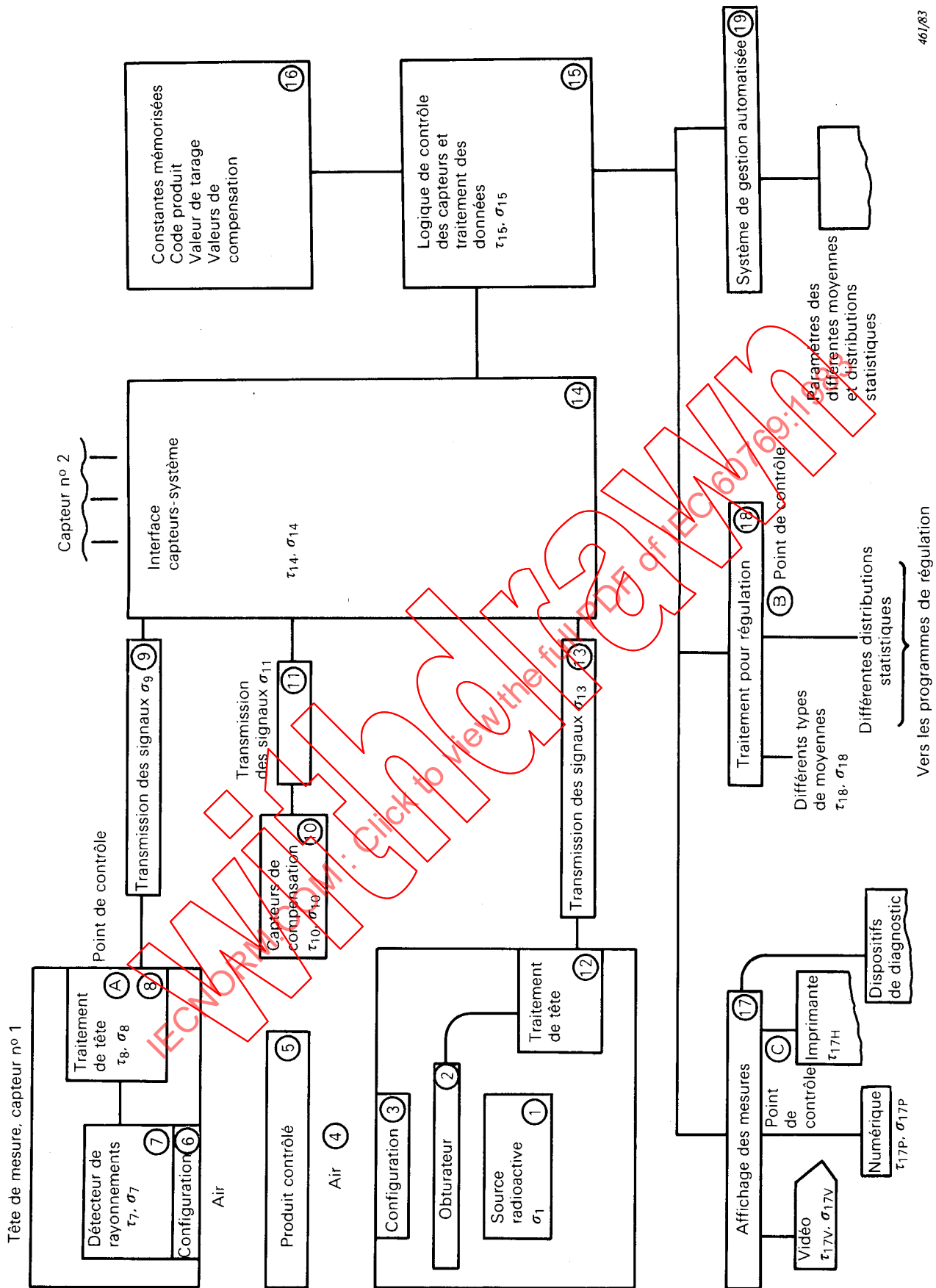
APPENDIX A

GENERALIZED MEASUREMENT SYSTEM DESCRIPTION

Ionizing radiation measurement systems for industrial applications exist in many forms and with widely varying degrees of complexity. In order to effectively compare their basic performance capabilities and limitations, the common functions and appropriate test points shall be identified. Figure A1, page 61, presents a block diagram for a generalized measurement system which is used throughout this standard. Relating the actual features and functions of a system to this generalized system will facilitate the testing and evaluation of the system.

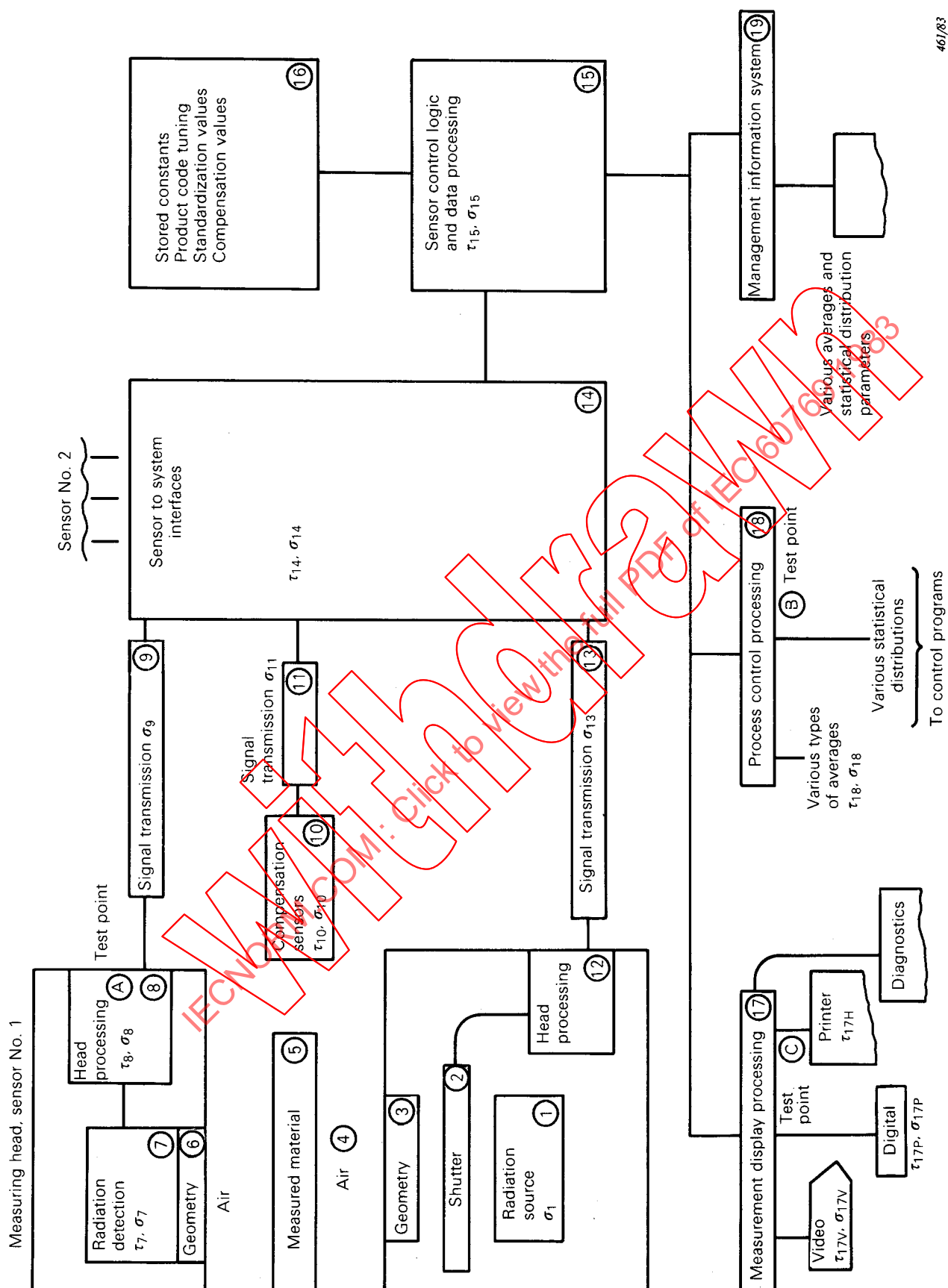
Figure A1 serves to indicate specifically where various specifications and tests of this standard apply, and to enable users to judge their relevance in any given statement. The following description of the numbered blocks in Figure A1 may be of assistance in gaining this understanding. The effective measurement response times and noise in the generalized system are characterized by τ and σ . Each block in the diagram associated with measurement signals makes its own contribution to the overall system time response and noise characteristics.

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 769-1983



Pour les notes de cette figure, voir les pages suivantes.

Fig. A1. — Schéma fonctionnel d'un système de mesure complet.



461/83

For the notes concerning this figure, see the following pages.

FIG. A1. — Functional block diagram of a generalized measurement system.

Notes de la figure A1.

- ① La mesure commence par une émission énergétique provenant de la source de rayonnements. Pour autant qu'on les considère comme des composants du système, les sources nucléaires radioactives possèdent cette propriété tout à fait incomparable d'être insensibles à la température du fait que les interactions qui sont à l'origine des désintégrations ont lieu à l'intérieur du noyau de l'atome. Le choix d'une source nucléaire spécifique est fondé sur le type d'émission radioactive souhaité (par exemple alpha, bêta, gamma ou rayon X), sur l'énergie de l'émission, la demi-vie, l'intensité de la source et des considérations de sécurité.
- ② Un mécanisme obturateur est généralement prévu pour atténuer le faisceau de rayonnements lorsque le système n'est pas en train de mesurer. Un capteur correctement conçu doit assurer que le mécanisme obturateur ne fausse pas le faisceau de mesure (lorsque celui-ci est ouvert) de façon non reproductible.
- ③ ⑥ Des composants de configuration variée contribuent à la forme du faisceau de mesure. Ceux-ci ne fournissent pas seulement le blindage contre les rayonnements mais peuvent aussi contribuer à compenser des erreurs intrinsèques de mesure. Une insensibilité à un mauvais alignement de la tête, une variation de la ligne de passage du matériau mesuré et des effets de composition peuvent être améliorés grâce à une conception adéquate de la forme de ces composants.
- ④ La colonne d'air entre source et détecteur constitue une partie de la masse par unité de surface mesurée par le détecteur. Il est utile de noter que 1 cm d'air possède une densité aérolaire d'à peu près 12,5 g/m² à la température et à la pression normales.
- ⑤ Des variations non contrôlées dans la composition, l'homogénéité et la ligne de passage peuvent constituer des sources d'erreur pour le système.
- ⑦ Le détecteur de rayonnement reçoit le rayonnement de la source absorbé par le matériau à mesurer. Le signal de sortie du détecteur consiste généralement en un courant engendré par le rayonnement. Deux types usuels de détecteurs peuvent être utilisés. Le premier type enregistre chaque particule (ou photon) transmise en série, alors que l'autre enregistre l'arrivée de plusieurs particules en parallèle. Le premier type utilise des compteurs Geiger-Müller, des tubes scintillateurs photomultiplicateurs, des détecteurs solides de rayonnement ou encore des compteurs proportionnels ainsi que des circuits de comptage, alors que le dernier fait usage d'une chambre d'ionisation avec intégration de courant.
 Le temps de réponse du détecteur de rayonnement est souvent cité par les fabricants. Etant donné qu'il s'agit d'un élément typiquement rapide à l'intérieur du système, on voit rarement un affichage des données obtenues à une telle fréquence de répétition. Le temps de réponse du détecteur peut affecter la performance dynamique du système dans des secteurs tels que la vitesse d'exploration, la détection de stries et les variations rapides du matériau à mesurer.
 Le bruit superposé au signal en provenance du détecteur de rayonnement dépend du nombre de particules de rayonnement détectées par temps de réponse, des caractéristiques du détecteur, des caractéristiques du matériau à mesurer, de la conception de la configuration géométrique et du temps de réponse de mesure.
- ⑧ ⑫ Le traitement dans la tête de mesure comprend des moyens d'amplification du courant en provenance du détecteur de rayonnement et éventuellement sa conversion sous une autre forme en vue d'un traitement ultérieur. L'amplification est effectuée en utilisant des amplificateurs du type électromètre.
 L'interface et la transmission des signaux prennent des formes variées comprenant l'amplification, la conversion tension-fréquence, la conversion analogique-numérique, etc.
 Le traitement dans la tête de mesure comprend également des unités de contrôle de capteur telles que le contrôle du mécanisme d'obturation, les contrôles de gain automatiques, etc. Un certain nombre de fabricants y incluent aussi des dispositifs de diagnostic spécifiques.
 La vitesse de l'amplificateur et les temps de conversion des données introduisent des calculs de moyennes qui tendent à accroître τ et à réduire σ .
- ⑨ ⑪ La transmission du signal est un lien entre le capteur éloigné et le traitement à haut niveau du système. La fiabilité et l'introduction de signaux parasites sont des problèmes associés au câblage.
- ⑩ De nombreux fabricants fournissent des capteurs supplémentaires en vue de mesurer (et/ou contrôler) les grandeurs d'influence telles que les désalignements relatifs des têtes, la température de la feuille, la température de l'air, etc. Il est important que les temps de réponse de ces capteurs soient comparables à ceux du capteur de base ou au taux de variation de la variable qu'ils mesurent afin d'obtenir un maximum d'efficacité. En outre, la précision de ces mesures doit être comparée avec la grandeur de l'effet de ces variables sur la mesure principale. On ne doit pas négliger les inconvénients rencontrés dans les systèmes à détecteurs multiples dans lesquels un certain perfectionnement peut être obtenu mais non sans accroissement du bruit affectant le système.
- ⑭ A l'autre extrémité des câbles de transmission, on trouve des amplificateurs analogiques, des compteurs numériques ou des appareillages de communication numérique dépendant du type de transmission utilisé. Les données du capteur sont moyennées grâce à des amplificateurs et des compteurs sur des temps déterminés par la vitesse de l'amplificateur ou la période du compteur. Une bonne conception du système doit prévoir une adaptation adéquate de ces temps de réponse avec les taux de variation des variables et les vitesses d'exploration de façon à éviter de fausses déductions et la distorsion des signaux, telle que la distorsion affectant le profil pouvant s'effectuer dans chacun des sens de balayage, pour un système de déplacement.
 Deux capteurs différents ou plus peuvent être employés dans le système pour mesurer différentes variables dans le même matériau à mesurer. Ces signaux peuvent être combinés de façon à éliminer des variables interdépendantes ou introduire des variables dérivées supplémentaires. (Par exemple effets de la composition, épaisseur du revêtement, degré ou teneur d'humidité, poids sec, etc.) Ici, de nouveau, une bonne conception du système nécessite une adaptation adéquate des temps de réponse de façon à éviter de fausses déductions et des séparations inexactes entre variables.

Notes to Figure A1.

- ① The measurement begins with energy emission from the radiation source. When considered as system components, radioactive nuclear sources have the almost unparalleled property of being insensitive to temperature because the interactions responsible for decay take place within the nucleus of the atom. The choice of a specific nuclear source is based upon the desired type of radiation emission (e.g., alpha, beta, gamma, X-ray), energy of emission, half-life, source strength and safety considerations.
- ② A shutter mechanism is usually provided to attenuate the radiation beam when the system is not measuring. Proper sensor design shall ensure that the shutter does not alter the measuring beam (when open) in a non-repeatable way.
- ③ ⑥ Various geometry components shape the measuring beam. They not only provide radiation shielding but may also contribute compensation for intrinsic measurement errors. Insensitivity to head misalignment, measured material pass line variation, and sample composition effects can be improved by proper design of geometry components.
- ④ The air column between the source and detector constitutes part of the mass per unit area measured by the sensor. It is useful to note that 1 cm of air has an areal density of approximately 12.5 g/m² at STP.
- ⑤ Uncontrolled variations in composition, homogeneity, and pass line may provide sources of error to the system.
- ⑦ The radiation detector receives radiation from the source which is transmitted through the measured material. The detector output signal is generally a current which is generated by the radiation. Two common detector types may be used. One type registers each transmitted radiation particle (or photon) serially, the other registers the arrival of many particles in parallel. The first type makes use of Geiger-Müller tubes, scintillator/photomultiplier tubes, solid state detectors, or proportional counters and counting circuits, while the latter makes use of an ionization chamber and current integration.

The response time of the radiation detector is frequently quoted by manufacturers. While this may be a fast element in the system, one rarely sees any display of data taken at such a repetition rate. The response time of the detector may affect the dynamic performance of the system in such areas as scan speed, streak detection, and short-term process variations.

The noise on the signal from the radiation detector depends upon the number of radiation particles detected per response time, the detector characteristics, the measured material characteristics, the geometry design, and the measurement response time.

- ⑧ ⑩ Head processing includes means for amplifying the current from the radiation detector and possibly conversion to another form for further processing. The amplification is carried out using electrometer amplifiers.

Signal buffering and transmission takes on various forms including amplification, voltage-to-frequency conversion, analogue-to-digital conversion, etc.

Head processing also includes sensor control units such as shutter control, automatic gain controls, etc. Some manufacturers also include dedicated diagnostic hardware in the head.

Amplifier speed and data conversion times introduce averaging that tends to increase τ and reduce σ .

- ⑨ ⑪ Signal transmission provides a link between the remote sensor and the system high level processing. Reliability and introduction of spurious signals are problems associated with cabling.
- ⑫ Many manufacturers supply additional sensors to measure (and/or control) influence quantities such as relative head deflections, sheet temperature, air temperature, etc. For maximum effectiveness, it is important that the response times of these sensors be matched to those of the primary sensor or to the rate of variation of the variable it measures. In addition, the accuracy of these measurements should be matched to the magnitude of the effect of these variables on the primary measurement. The trade-offs associated with multiple sensor systems should not be overlooked, wherein some improvement may be gained but system noise increases.
- ⑬ ⑭ At the receiving end of the transmission cables, analogue amplifiers, digital counters, or digital communication devices, depending upon the type of transmission used, are found. Sensor data are averaged by means of amplifiers and counters over times determined by the speed of the amplifier or the period of the counter. Good system design provides for proper matching of these response times to rates of variation of variables and scanning speeds in order to avoid false inferences and distorted signals such as distorted forward and reverse measurement profiles with traversing systems.

Two or more different sensors may be employed in the system for measurement of different variables in the same material. These signals may be combined to reject interactive variables or to infer additional derived variables. (For example: composition effects; coating thickness; moisture content; bone dry weight; etc.) Here again, good system design requires proper matching of response times to avoid false inferences and inaccurate separation of variables. Also, signal noise considerations may become important. (For example: an inferred variable such as coating thickness

En outre, les considérations relatives au bruit du signal peuvent devenir importantes. (Par exemple: une variable déduite telle que l'épaisseur de revêtement peut être calculée à partir d'une petite différence entre deux signaux importants, toutefois les bruits distribués de façon aléatoire de ces signaux peuvent s'additionner conformément à $N_0 = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$ d'où une dégradation du rapport signal sur bruit pour cette variable.)

- ⑤ ⑥ On peut utiliser des combinaisons de technique de montage analogique, de composants logiques et de logiciel pour traiter plus complètement les données relatives aux signaux de capteur de processus en vue de la détermination d'unités techniques grammes par mètre carré ou le pourcentage de cendres. En général, l'établissement d'une moyenne supplémentaire des signaux intervient à ce niveau. En outre, diverses compensations doivent être apportées de façon à tenir compte de la décroissance de la source, des salissures sur les fenêtres, de la dérive électronique, des désalignements de tête, des variations de température, des variations dues aux différents produits, etc. Le résultat de ce traitement du signal consiste en une tension, un courant ou une valeur numérique représentant l'épaisseur du produit à mesurer ou le poids par unité de surface. Un traitement supplémentaire peut être effectué sur ce signal aux fins d'affichage, de contrôle ou de système de gestion automatisée.
- ⑦ Les mesures sont représentées sur des enregistreurs, des terminaux vidéo, des machines à écrire ou perforatrices, des imprimantes-traceuses, des cadrans, des voltmètres numériques de panneaux, etc. Il est important, lorsqu'on analyse de telles données, de se rappeler toutes les moyennes qui ont dû être effectuées pour aboutir à cet affichage. Par exemple, les moyennes de balayage sont les moyennes de toutes les lectures opérées pendant un balayage. Les moyennes de plusieurs profils sont des moyennes dans le sens actif du mécanisme comportant plusieurs explorations dans lesquelles chaque ensemble de données (tranche de profil ou segment) est lissé ou moyenné d'une certaine façon sur un certain nombre d'explorations.
- ⑧ Typiquement, la régulation d'un processus simple est fondée sur des moyennes de divers matériaux mesurés (par exemple moyennes de balayage, moyennes par zone et moyennes longitudinales en un point). Des régulations plus poussées peuvent être fondées sur la connaissance de la distribution statistique des variables mesurées en tant que perçue par les capteurs.
Il est souhaitable de distinguer entre les temps de réponse pour des actions de régulation et les autres pour différents niveaux de traitement de signaux et d'affichage.
- ⑨ Les rapports d'un «système de gestion automatisé» peuvent être personnalisés selon l'application et contiennent généralement des données fortement moyennées ainsi qu'une information statistique sommaire sur les produits en cours de mesure.

may be derived from the small difference of two large signals; however, the randomly distributed noises of these signals are additive according to $N_0 = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$ and hence the signal-to-noise ratio for the derived variable is degraded.)

- ⑮ ⑮ Combinations of analogue circuitry, hardware logic, and software logic may be used to further process sensor signal data to engineering units such as grams per square metre or per cent ash. Generally, further signal averaging occurs in this stage. In addition, various compensations may be brought to bear on source decay, dirt on the windows, electronic drift, head deflections, temperature variations, known product-to-product variations, etc. The result of this signal processing is a voltage, current, or digital value representing the material thickness or weight per unit area. Further processing may be done on this signal to yield display, control, or management information values.
- ⑰ Measurements are displayed on recorders, video terminals, typewriters or punchers, printer-plotters, dials, digital panel displays, etc. It is important when analyzing such data to be aware of the averaging that has gone into such a display. For example, scan averages are averages of all the readings taken during a scan. Composite profile averages are machine direction averages embodying several scans wherein each data box (profile slice or segment) is smoothed or averaged for a specified number of scans in a specified way.
- ⑱ Simple process control is typically based upon various measured material measurement averages (e.g., scan averages, zone averages, and single point time averages). The more advanced controls may be based upon knowledge of the statistical distribution of the measured variables as seen by the sensors.

It is desirable to distinguish between the response times for control actions and the others for various levels of signal processing and display.

- ⑲ Management Information System (MIS) reports may be customized for the application and usually contain highly averaged data and statistical summary information about the products being measured.

ANNEXE B

ÉVALUATION D'UN SYSTÈME DE MESURE PAR RAYONNEMENT IONISANT
RÉSULTATS D'ESSAIS EN LABORATOIRE

Le système de mesure par rayonnement ionisant décrit a été essayé en accord avec la Publication 769 de la CEI: Systèmes de mesure par rayonnement ionisant avec traitement analogique ou numérique du signal, pour les mesures d'épaisseur; les résultats sont indiqués ci-après. Les nombres entre crochets [] font référence aux articles de la Publication 769 de la CEI contenant les descriptions des essais. (Des exemples de réponses sont insérés dans la présente annexe entre parenthèses à des fins d'illustration.)

Description du système de mesure

Fabricant: (Société ABC)
 Modèle du système: (MNO-8)
 Nombre de capteurs: (2 capteurs nucléaires, n° 1: Kr-85, n° 2: Sr-90)

Description des capteurs

Numéro du capteur	(n° 1)
Modèle du capteur	(RB-3)
Radioisotope	(1000 mCi de Kr-85)
Modèle de source	(KTS-8)

Caractéristiques intrinsèques [5.1]

Conditions de référence [5.1.1]

Tous les essais ont été effectués aux conditions de référence spécifiées dans la Publication 769 de la CEI, à l'exception de ce qui suit:
 (la température ambiante était de 26 ± 1 °C).

Conditions concernant la tête de mesure [5.1.2]

Les spécifications des conditions de tête de mesure ont été respectées à l'exception de ce qui suit:
 (aucune exception)

APPENDIX B

IONIZING RADIATION MEASUREMENT SYSTEM EVALUATION
LABORATORY TEST RESULTS

The described ionizing radiation measurement system has been tested in accordance with IEC Publication 769: Ionizing Radiation Measurement Systems with Analogue or Digital Signal Processing for Thickness Measurements, and the results are as documented herein. The numbers in square brackets, [], refer to the clauses of IEC Publication 769 containing the test descriptions. (Examples of responses are illustrated in parentheses in this appendix.)

Measurement system description

Manufacturer: (ABC Company)
 System model: (MNO-8)
 Number of sensors: (2 nucleonic sensors, No. 1: Kr-85, No. 2: Sr-90)

Sensor description

Sensor number	(No. 1)
Sensor model	(RB-3)
Radioisotope	(1 000 mCi Kr-85)
Source model	(KTS-8)

Intrinsic performance data [5.1]

Reference conditions [5.1.1]

All tests were conducted under the reference conditions specified in IEC Publication 769 except as follows:

(ambient temperature was 26 ± 1 °C).

Measuring head conditions [5.1.2]

The measuring head condition specifications were met except as follows:

(no exceptions).

Application [5.1.3]

(papier et matières plastiques).

Echantillons d'essai [5.1.3] et [5.1.6.3]

Matériau: (polyester)		
Echantillon n°	Epaisseur (mm)	Masse/surface (g/m ²)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Matériau: _____		
Echantillon n°	Epaisseur (mm)	Masse/surface (g/m ²)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Points de contrôle [5.1.4]

Nature du signal de mesure et position des points de contrôle

- A. (Analogique, sortie du détecteur préamplificateur)
 B. (Numérique, sortie du signal régulation)
 C. (Numérique, sorties pour affichage)

Temps de réponse nominal du système aux points de contrôle [5.1.5]

- Point de contrôle A (0,01 s)
 Point de contrôle B (0,1 s)
 Point de contrôle C (1 s)

Bruit électrique [5.1.6.1a)]

Tête de mesure fixe

- Point de contrôle A (<0,05%)
 Point de contrôle B (<0,05%)
 Point de contrôle C (<0,05%)

Tête de mesure en déplacement

- Point de contrôle A (0,08%)
 Point de contrôle B (0,07%)
 Point de contrôle C (0,06%)

Application [5.1.3]

(paper and plastic materials).

Test samples [5.1.3] and [5.1.6.3]

Material: (polyester)		
Sample No.	Thickness (mm)	Mass/area (g/m ²)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Material: _____		
Sample No.	Thickness (mm)	Mass/area (g/m ²)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Test points [5.1.4]

Nature of measurement signal and location of test points

- A. (Analogue, detector preamplifier output)
- B. (Digital, control signal output)
- C. (Digital, output displays)

Nominal system response times at test points [5.1.5]

- Test point A (0.01 s)
- Test point B (0.1 s)
- Test point C (1 s)

Electrical noise [5.1.6.1a)]

Measuring head stationary

- Test point A (<0.05%)
- Test point B (<0.05%)
- Test point C (<0.05%)

Measuring head scanning

- Test point A (0.08%)
- Test point B (0.07%)
- Test point C (0.06%)

Instabilité électrique à long terme — Période de 10 h [5.1.6.1b)]

Point de contrôle A $(\leq 0,1\%)$
 Point de contrôle B $(\leq 0,1\%)$
 Point de contrôle C $(\leq 0,1\%)$

Bruit radiométrique [5.1.6.2]

Point de contrôle A $(0,7 \%)$
 Point de contrôle B $(0,2 \%)$
 Point de contrôle C $(0,08\%)$

Instabilité globale — Période de 10 h [5.1.6.2]

Point de contrôle A $(0,2\%)$
 Point de contrôle B $(0,2\%)$
 Point de contrôle C $(0,2\%)$

Bruit de mesure [5.1.6.3a)]

Numéro de l'échan- tillon	Bruit de mesure en pourcentage		
	Point de contrôle A	Point de contrôle B	Point de contrôle C
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Résolution limite due au bruit [5.1.6.3b)]

(tableau similaire au précédent à l'exception du changement de titre).

Résolution limite due au bruit, en pourcentage [5.1.6.3b)]

(tableau similaire au précédent, à l'exception du changement de titre).

Long-term electrical instability — 10 h period [5.1.6.1*b*)]

Test point A	<u>($<0.1\%$)</u>
Test point B	<u>($<0.1\%$)</u>
Test point C	<u>($<0.1\%$)</u>

Radiometric noise [5.1.6.2]

Test point A	<u>(0.7 %)</u>
Test point B	<u>(0.2 %)</u>
Test point C	<u>(0.08%)</u>

Overall instability — 10 h period [5.1.6.2]

Test point A	<u>(0.2%)</u>
Test point B	<u>(0.2%)</u>
Test point C	<u>(0.2%)</u>

Measurement noise [5.1.6.3*a*)]

Sample Number	Measurement per cent noise		
	Test point A	Test point B	Test point C
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Noise-limited resolution [5.1.6.3*b*)]

(same table as above, except title changes).

Per cent noise-limited resolution [5.1.6.3*b*)]

(same table as above, except title changes).

Linéarité de la courbe d'étalonnage [5.1.6.3c)]

Condition d'essai (1, 2 ou 3)

_____ % écart type

(indiquer les subdivisions de l'étendue de mesure pour les conditions 2 et 3).

Représentation graphique de C_i en fonction de (W_i) , $C(W_i)$ en fonction de (W_i) et $[C(W_i) - C_i]$ en fonction de (W_i) .

Linéarité de déviation [5.1.6.3d)]

Valeur de référence numéro de l'échantillon		Pourcentage de l'erreur de linéarité de déviation (point d'essai C)	
		Référence $\pm 10\%$	Référence $\pm 20\%$
1	+		+
	-		-
2	+		+
	-		-
3	+		+
	-		-
4	+		+
	-		-
5	+		+
	-		-
6	+		+
	-		-
7	+		+
	-		-
8	+		+
	-		-
9	+		+
	-		-

Etendue de mesure [5.1.6.3e)]

_____ g/m² à _____ g/m²

(indiquer les subdivisions de l'étendue de mesure pour les conditions 2 et 3)

(décrire les méthodes d'essais et indiquer les données d'essai pour la condition 3).

Calibration linearity [5.1.6.3c)]

Test condition (1, 2, or 3)

_____ % standard deviation

(show measurement sub-ranges for conditions 2 and 3).

Graphical plot of C_i versus W_i , $C(W_i)$ versus W_i , and $[C(W_i) - C_i]$ versus W_i .

Deviation linearity [5.1.6.3d)]

Target value (sample number)		Per cent deviation linearity error (test point C)		
		Target $\pm 10\%$		Target $\pm 20\%$
1	+		+	
	-		-	
2	+		+	
	-		-	
3	+		+	
	-		-	
4	+		+	
	-		-	
5	+		+	
	-		-	
6	+		+	
	-		-	
7	+		+	
	-		-	
8	+		+	
	-		-	
9	+		+	
	-		-	

Effective measurement range [5.1.6.3e)]

_____ g/m² to _____ g/m²

(show measurement sub-ranges for conditions 2 and 3)

(describe test methods and show test data for condition 3).

Reproductibilité [5.1.6.4]

Numéro de l'échantillon	Pourcentage de reproductibilité radiométrique (point de contrôle A)	Pourcentage de mesure de la reproductibilité (point de contrôle C)
1		
5		
9		

Temps de restitution [5.1.6.5]

Point de contrôle	10% de la gamme	90% de la gamme
A		
B		
C		

Enregistrements ou graphiques types

Temps de réponse moyen [5.1.6.6]

Point de contrôle A (0,011 s)

Point de contrôle B (0,12 s)

Point de contrôle C (1,05 s)

Enregistrements ou graphiques types

Temps d'établissement moyen [5.1.6.6]

Point de contrôle A (0,021 s)

Point de contrôle B (0,20 s)

Point de contrôle C (1,72 s)

Enregistrements ou graphiques types

Aire de mesure totale [5.1.6.7a)]

 W_0 : (cercle de 65 mm) W_{10} : (cercle de 81 mm)

Aire effective de mesure [5.1.6.7b)]

 W_0 : (cercle approximatif de 26 mm) W_{10} : (cercle approximatif de 32 mm)