NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60359

Troisième édition
Third edition
2001-12

Appareils de mesure électriques et électroniques – Expression des performances

Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60359:2001

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

  Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

  Email: custserv@iec.ch
  Tél: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

  If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

  Email: custserv@iec.ch
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60359

Troisième édition
Third edition
2001-12

Appareils de mesure électriques et électroniques – Expression des performances

Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE V

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

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 8

1 Domaine d'application et objet 10
2 Références normatives 10
3 Définitions 12
4 Spécification des valeurs et des plages 30
5 Prescriptions pour les normes CEI relatives aux équipements 32
6 Spécification des limites de l'incertitude 32
7 Spécification des grandeurs d'influence 48
8 Règles générales des essais de conformité 52

Annexe A (informative) Evolution conceptuelle et terminologique de «l'erreur» à «l'incertitude» 54
Annexe B (informative) Etapes de la spécification des performances 62

Bibliographie 66

Figure 1 – Diagramme d'étalonnage 34
Figure 2 – Diagramme d'étalonnage avec graduation en unités de mesure 36
Figure 3 – Diagramme d'étalonnage dans différentes conditions de fonctionnement 40
Figure 4 – Diagramme d'étalonnage pour des conditions de fonctionnement étendues 42
Figure B.1 – Etapes de la spécification des performances 62

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 9

1 Scope and object 11
2 Normative references 11
3 Definitions 13
4 Specification of values and ranges 31
5 Requirements for IEC standards related to the equipment 33
6 Specification of limits of uncertainty 33
7 Specification of influence quantities 49
8 General rules for compliance testing 53

Annex A (informative) Conceptual and terminological evolution from "error" to "uncertainty" 55
Annex B (informative) Steps in the specification of performance 63

Bibliography 67

Figure 1 – Calibration diagram 35
Figure 2 – Calibration diagram with scale marks in units of measurement 37
Figure 3 – Calibration diagram in different operating conditions 41
Figure 4 – Calibration diagram for extended operating conditions 43
Figure B.1 – Steps in the specification of performance 63

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

APPAREILS DE MESURE ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES – EXPRESSION DES PERFORMANCES

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60359 a été établie par le comité d'études 85 de la CEI: Equipement de mesure des grandeurs électriques et électromagnétiques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1987 et son amendement 1 (1991), dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
85/219/FDIS	85/220/RVD

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

La présente Norme internationale a été élaborée par le CE 85 de la CEI suite à sa résolution 85/45/AC du 1994-12-16 «de réviser la CEI 60359, de façon à prendre en compte le «Guide de l'expression de l'incertitude des mesures» (GUM) publié par l'ISO en 1993».

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente de la présente Norme internationale consistent en une adaptation des prescriptions en matière de performances des appareils conformément à l'approche de l'incertitude adoptée par le GUM, en un ajustement de la terminologie par rapport à la nouvelle édition du VEI, et en un choix élargi et plus adéquat d'options pour spécifier les limites de l'incertitude.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL AND ELECTRONIC MEASUREMENT EQUIPMENT – EXPRESSION OF PERFORMANCE

FOREWORD

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

International Standard IEC 60359 has been prepared by IEC technical committee 85: Measuring equipment for electrical and electromagnetic quantities.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1987 and its amendment 1 (1991), of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
85/219/FDIS	85/220/RVD

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

This International Standard was prepared by IEC TC 85 following its resolution 85/45/AC of 1994-12-16 “to revise the IEC 60359, taking into account the "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (GUM) published by ISO in 1993”.

The main technical changes from the previous edition of this International Standard consist in adapting the requirements on the instrument performance to the approach on uncertainty taken by the GUM, adapting the terminology to the new edition of the IEV, and offering a wider and more correct choice of options in specifying the limits of uncertainty.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005-12. A cette date, la publication sera

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005-12. At this date, the publication will be:

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTRODUCTION

Avec l'apparition du Guide de l'expression de l'incertitude des mesures (GUM) inter-organisations, qui rassemble les suggestions de la Recommandation CIPM[1] CI-1981, il est apparu que l'expression classique de la précision et de l'exactitude des mesures sous forme d'une valeur vraie et d'une erreur est en train d'être remplacée par une expression en termes d'incertitude. Les pièges inhérents au concept de valeur vraie (partant à celui d'erreur) ont en fait conduit le monde de la métrologie opérationnelle à recourir de plus en plus souvent au concept d'incertitude, en dépit du fait que, pour la plupart, les normes relatives aux performances des appareils de mesure soient toujours rédigées selon l'approche tradition-nelle. Le fossé qui se creusait entre les bonnes pratiques métrologiques et la terminologie des normes a poussé les organismes de normalisation à demander à leurs comités techniques de mettre ces dernières à jour.

Cette nouvelle édition de la Norme internationale CEI 60359 a été élaborée en vue de la mettre en accord avec le GUM. Les chapitres consacrés à la mesure de la nouvelle édition du VEI ayant été publiés au moment de sa procédure d'approbation, l'occasion a été saisie de la mettre en accord avec les termes du VEI.

Les principales caractéristiques de performances d'un appareil sont celles qui concernent l'incertitude des résultats obtenus avec lui. Le GUM fournit une terminologie générale et une structure de calcul permettant de combiner des incertitudes de différentes origines, mais il traite principalement des problèmes d'évaluation de l'incertitude dans la mesure d'une grandeur définie en fonction d'autres grandeurs mesurées, et il n'aborde pas le problème de l'évaluation de l'incertitude instrumentale, c'est-à-dire l'incertitude des résultats des mesures isolées directement effectuées avec un appareil. Le GUM la traite comme une composante d'incertitude de catégorie B, connue d'après les informations fournies par le constructeur de l'appareil ou le laboratoire d'étalonnage sous forme d'une incertitude élargie, avec facteur d'élargissement déclaré. Il appartient donc à la présente norme de donner des indications pour l'expression et l'évaluation de l'incertitude instrumentale d'une façon cohérente avec la philosophie du GUM, ce qui implique de mentionner les performances des appareils en termes de limites d'incertitude et non plus en termes de limites d'erreur, et donc de bien faire la distinction entre l'indication de l'appareil et l'ensemble des valeurs choisies pour décrire le mesurande (voir en annexe A l'évolution conceptuelle du passage de la notion d'erreur à la notion d'incertitude.)

A cette fin, la présente norme emploie de façon systématique (en accord avec le VEI) la notion de diagramme d'étalonnage, également très utile pour décrire les interactions entre l'incertitude intrinsèque, les variations et l'incertitude opératoire. Les distinctions de ce genre sont d'ailleurs essentielles aux nouveaux systèmes de mesure à base de microprocesseurs à logiciel interne ou utilisant plus d'une entrée (systèmes à capteurs multiples), qui doivent traiter ce problème en termes généraux, sans hypothèses restrictives sur la partie matérielle des appareils. Elles offrent un plus grand choix d'options pour spécifier les caractéristiques de performances.

Pour bien des gens, le passage des termes et notions traditionnels consacrés par l'usage à ceux de la métrologie moderne demandera un effort mental, forcément nécessaire compte tenu des pas de géant accomplis par l'instrumentation depuis l'époque des appareils à index et échelle. On ne devrait en revanche pas rencontrer de difficultés particulières à convertir en termes conformes à la présente norme l'ensemble des spécifications techniques existantes, la plupart desquelles sont pour l'instant rédigées selon le concept de «limites d'erreur» souvent avec des ambiguïtés quant au fait que celles-ci incluent ou non les corrections suggérées pour les grandeurs d'influence. Une fois levées les ambiguïtés de ce genre, il sera facile de mettre les anciennes spécifications en harmonie avec la présente norme en remplaçant les «limites d'erreur»par les «limites d'incertitude instrumentale» exposées à l’article 5, pourvu que les éventuelles indications contextuelles sur les moyens d'évaluer ces limites soient ajustées de façon à répondre aux définitions données dans la présente norme.

———————

1 Comité International des Poids et Mesures (CIPM)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTRODUCTION

With the appearance of the interorganizational *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM) that embodied the suggestions of CIPM[1] Recommendation CI-1981, it became clear that the classical approach to the precision and accuracy of measurement in terms of true value and error is being superseded by the approach in terms of uncertainty. The intrinsic pitfalls of the concept of true value (hence of error) had indeed led the operative measurement world to rely increasingly on the concept of uncertainty, notwithstanding that the main body of standards concerning the performance of measuring instruments was still written in terms of the traditional approach. The widening gap between the best practice in metrology and the wording of the standards prompted the normative organizations to invite their Technical Committees to update these publications.

This new edition of the International Standard IEC 60359 was prepared in order to bring it into agreement with the GUM. During the procedure for its approval the chapters on measurement of the new edition of the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) were published, and the opportunity was taken to bring the standard into agreement with the terms used in the IEV.

The main performance characteristics of an instrument are those related to the uncertainty of the results obtained by using the instrument. The GUM provides a general terminology and a computational framework for combining uncertainties of different origin, but it substantially deals with the issue of evaluating uncertainty in the measurement of a quantity defined as a function of other measured quantities, and does not address the issue of evaluating instrumental uncertainty, i.e. the uncertainty of the results of the single direct measurements carried out by the instruments. The GUM treats it as a component of uncertainty of category B, known from information supplied by the manufacturer or calibrator of the instrument, in the form of an expanded uncertainty with a stated coverage factor. It is therefore up to this standard to provide indications for expressing and evaluating instrumental uncertainty in a way consistent with the philosophy of the GUM. This means stating the requirements on performance of the instruments in terms of limits of uncertainty instead of limits of error, which implies a careful distinction between the indication of the instrument and the set of values assigned to describe the measurand (see Annex A for the conceptual evolution from the notion of error to the notion of uncertainty).

To this purpose, this standard systematically uses (in agreement with the IEV) the notion of calibration diagram, which is also quite helpful in describing the interplay between intrinsic uncertainty, variations, and operating uncertainty. Distinctions of this kind are essential, by the way, for the new measuring systems, based on microprocessors with internal software or using more than one input (multisensorial systems), that need to address the issue in general terms without restrictive hypotheses on the instrumental hardware. They also allow a wider choice of options in specifying performance characteristics.

For many people, of course, the passage from time-honored traditional terms and notions to the ones evolved by modern metrology will require some mental adjustment, which is altogether necessary, as current instrumentation has made giant steps from the times of index-on-scale instruments. However, no particular difficulty is expected in translating into terms consistent with this standard the bulk of existing technical specifications, most of which are written in terms of "limits of error", often with ambiguities about whether or not suggested corrections for influence quantities are included. When such ambiguities are removed, the old specifications are easily harmonized to this standard by substituting the "limits of error" with the "limits of instrumental uncertainty" expounded in clause 5, provided the contextual indications (if any) on the means of evaluating these limits are adjusted to satisfy the definitions given in this standard.

---

[1] Comité International des Poids et Mesures (CIPM)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

APPAREILS DE MESURE ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES — EXPRESSION DES PERFORMANCES

1 Domaine d'application et objet

La présente norme internationale s'applique à la spécification des performances, notamment dans le cadre des applications industrielles, des types d'appareils électriques et électroniques suivants:

– appareils indicateurs et enregistreurs de mesure des grandeurs électriques;
– dispositifs matériels fournissant des grandeurs électriques;
– appareils mesurant des grandeurs non électriques par des moyens électriques, pour toute la partie de la chaîne de mesure où sont présents des signaux de sortie électriques.

Elle s'applique à la spécification des performances des appareils fonctionnant en conditions stables (voir 3.1.15), rencontrées habituellement dans les applications industrielles.

Elle repose sur les méthodes exposées dans le GUM pour l'expression et l'évaluation de l'incertitude des mesures, et renvoie à ce même document pour les procédures statistiques à employer en vue de déterminer les intervalles définis pour représenter l'incertitude (y compris la façon de prendre en compte les incertitudes non négligeables dans la chaîne de traçabilité).

Elle ne traite pas de la propagation de l'incertitude au-delà de l'appareil (ou de l'appareil de mesure) aux performances duquel on s'intéresse, et pouvant faire l'objet d'essais de conformité.

Son objet est de fournir des méthodes assurant une homogénéité dans la spécification et la détermination des incertitudes des appareils visés. Toutes les autres prescriptions nécessaires ont été réservées à des normes de produit de la CEI relatives à des types d'équipements particuliers tombant dans le domaine d'application de la présente norme.

Par exemple, le choix des caractéristiques métrologiques et de leurs plages, ainsi que des grandeurs d'influence et de leurs plages spécifiées en exploitation, est réservé aux normes de produit de la CEI.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-300:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Mesures et appareils de mesure électriques et électroniques – Partie 311: Termes généraux concernant les mesures – Partie 312: Termes généraux concernant les mesures électriques – Partie 313: Types d'appareils électriques de mesure – Partie 314: Termes spécifiques selon le type d'appareil*

ISO/CEI GUIDE EXPRES:1995, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ELECTRICAL AND ELECTRONIC MEASUREMENT EQUIPMENT — EXPRESSION OF PERFORMANCE

1 Scope and object

This International Standard applies to the specification of performance, with primary reference to industrial applications, of the following kinds of electrical and electronic equipment:

– indicating and recording instruments which measure electrical quantities;

– material measures which supply electrical quantities;

– instruments which measure non-electrical quantities using electrical means, for all parts of the measuring chain which present electrical output signals.

This standard applies to the specification of performance of instruments operating in steady-state conditions (see 3.1.15), usual in industrial applications.

It is based on the methods expounded in GUM for expressing and evaluating the uncertainty of measurement, and refers to GUM for the statistical procedures to be used in determining the intervals assigned to represent uncertainty (including the way to account for non-negligible uncertainties in the traceability chain).

This standard does not address the propagation of uncertainty beyond the instrument (or the measuring equipment) whose performance is considered and which may undergo compliance testing.

The object is to provide methods for ensuring uniformity in the specification and determination of uncertainties of equipment within its scope. All other necessary requirements have been reserved for dependent IEC product standards pertaining to particular types of equipment which fall within the scope of this standard.

For example: the selection of metrological characteristics and their ranges, and of influence quantities and their specified operating ranges, is reserved for IEC product standards.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instrument – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

ISO/IEC GUIDE EXPRES:1995, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3 Définitions

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

Un mot entre parenthèses dans le titre d'une définition est un qualificateur qui peut être omis s'il n'y a pas de risque de confusion avec un autre terme semblable. Lorsque deux termes peuvent être employés indifféremment pour une même définition, ils sont séparés par «ou». Les termes figurant en italique dans une note sont des termes nouveaux définis par le contexte.

La plupart des définitions sont reproduites, ou adaptées, avec les notes qui s'y rattachent, de la Partie 311 de la CEI 60050-300 (Vocabulaire Electrotechnique International – VEI). Etant donné que seuls sont utilisés les termes appartenant à l'approche par l'incertitude, les notes du VEI indiquant que ce terme est employé dans cette approche ont été omises. Lorsque de telles définitions sont à la fois extraites du Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM), cela a été indiqué. Dans certains cas, des notes ont été ajoutées pour les besoins spécifiques de la présente norme.

3.1 Définitions de base

3.1.1
mesurande (grandeur mesurée)
grandeur faisant l'objet de la mesure, évaluée dans l'état où se trouve le système mesuré pendant la mesure elle-même

NOTE 1 La valeur que prend une grandeur objet de la mesure, quand elle n'a pas d'interaction avec l'appareil de mesure, peut être appelée *valeur non perturbée* de la grandeur.

NOTE 2 La valeur non perturbée et l'incertitude associée ne peuvent être calculées que par le biais d'un modèle du système mesuré et de l'interaction de la mesure, en connaissance des caractéristiques métrologiques propres à l'appareil, que l'on peut appeler *charge instrumentale*.

3.1.2
(résultat d'une) mesure
ensemble de valeurs attribué à un mesurande, comprenant une valeur, l'incertitude correspondante et l'unité de mesure
[VEI 311-01-01, modifié]

NOTE 1 La valeur milieu de l'intervalle est appelée valeur (voir 3.1.3) du mesurande et sa demi-largeur incertitude (voir 3.1.4) [VEI, modifié].

NOTE 2 La mesure est reliée à l'indication (voir 3.1.5) de l'appareil et aux valeurs de correction obtenues par étalonnage [VEI, modifié].

NOTE 3 L'intervalle peut être considéré comme représentant le mesurande, à condition qu'il soit compatible avec toutes les autres mesures du même mesurande [VEI, modifié].

NOTE 4 La largeur de l'intervalle, et par suite l'incertitude, ne peut être donnée qu'avec un niveau de confiance déterminé (voir 3.1.4, note 1) [VEI, modifié].

3.1.3
valeur (de mesure)
élément milieu de l'ensemble défini pour représenter le mesurande

NOTE La valeur de mesure n'est pas plus représentative du mesurande que n'importe quel autre élément de l'ensemble. Elle n'est retenue que pour des raisons de commodité d'expression de l'ensemble sous la forme $V \pm U$, où V est l'élément milieu et U la demi-largeur de l'ensemble, plutôt que par ses extrêmes. Le qualificateur «de mesure» est employé lorsqu'on l'estime nécessaire pour éviter une confusion avec la valeur lue ou indiquée.

3.1.4
incertitude (de mesure)
paramètre, associé à une mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peut être attribuée au mesurande
[VEI 311-01-02, VIM 3.9]

NOTE 1 Ce paramètre peut être, par exemple, un écart type (ou un multiple de celui-ci), ou la demi-largeur d'un intervalle de niveau de confiance déterminé [VEI, VIM].

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3 Definitions

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

A word between brackets in the title of a definition is a qualifier that may be skipped if there is no danger of confusion with a similar term. When two terms may be used interchangeably with the same definition, these are separated by "or". Terms in italics in a note are new terms defined by the context.

Most definitions are taken or adapted, together with their notes, from Part 311 of IEC 60050-300 (International Electrotechnical Vocabulary – IEV). As only terms pertaining to the "uncertainty approach" are used, IEV notes stating that the term is used in this approach were omitted. Where such definitions are simultaneously drawn from the International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM), this has been indicated. In some cases, notes have been added for the purposes of this standard.

3.1 Basic definitions

3.1.1
measurand
quantity subjected to measurement, evaluated in the state assumed by the measured system during the measurement itself

NOTE 1 The value assumed by a quantity subjected to measurement when it is not interacting with the measuring instrument may be called *unperturbed value* of the quantity.

NOTE 2 The unperturbed value and its associated uncertainty can only be computed through a model of the measured system and of the measurement interaction with the knowledge of the appropriate metrological characteristics of the instrument, that may be called *instrumental load*.

3.1.2
(result of a) measurement
set of values attributed to a measurand, including a value, the corresponding uncertainty and the unit of measurement
[IEV 311-01-01, modified]

NOTE 1 The mid-value of the interval is called the value (see 3.1.3) of the measurand and its half-width the uncertainty (see 3.1.4) [IEV modified].

NOTE 2 The measurement is related to the indication (see 3.1.5) given by the instrument and to the values of correction obtained by calibration [IEV modified].

NOTE 3 The interval can be considered as representing the measurand provided that it is compatible with all other measurements of the same measurand [IEV modified].

NOTE 4 The width of the interval, and hence the uncertainty, can only be given with a stated level of confidence (see 3.1.4, NOTE 1) [IEV modified].

3.1.3
(measure-) value
mid element of the set assigned to represent the measurand

NOTE The measure-value is no more representative of the measurand than any other element of the set. It is singled out merely for the convenience of expressing the set in the format $V \pm U$, where V is the mid element and U the half-width of the set, rather than by its extremes. The qualifier "measure-" is used when deemed necessary to avoid confusion with the reading-value or the indicated value.

3.1.4
uncertainty (of measurement)
parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand
[IEV 311-01-02, VIM 3.9]

NOTE 1 The parameter can be, for example, a standard deviation (or a given multiple of it), or a half-width of an interval having a stated level of confidence [IEV, VIM].

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 2 L'incertitude de mesure comprend en général plusieurs composantes. Certaines de ces composantes peuvent être évaluées à partir de la distribution statistique des résultats de séries de mesures et peuvent être caractérisées par des écarts types expérimentaux. Les autres composantes, qui peuvent aussi être caractérisées par des écarts types, sont évaluées en admettant des distributions de probabilité d'après l'expérience acquise ou d'autres informations [VEI, VIM].

NOTE 3 Il est entendu que le résultat de la mesure est la meilleure estimation de la valeur du mesurande, et que toutes les composantes de l'incertitude, y compris celles qui proviennent d'effets systématiques, telles que les composantes associées à des corrections aux étalons de référence, contribuent à la dispersion [VEI, VIM].

NOTE 4 La définition et les notes 1 et 2 sont tirées du GUM, paragraphe B.2.18. On a décidé, dans la présente norme, d'exprimer l'incertitude par la demi-largeur d'un intervalle en utilisant les procédures du GUM et un facteur d'élargissement de 2. Cette option correspond à la pratique adoptée actuellement dans de nombreux laboratoires nationaux. Dans le cas d'une distribution normale, un facteur d'élargissement de 2 correspond à un niveau de confiance de 95 %. Dans les autres cas, des études statistiques sont nécessaires pour établir la correspondance entre le facteur d'élargissement et le niveau de confiance. Etant donné que les données nécessaires à de telles études ne sont pas toujours disponibles, il est préférable de définir le facteur d'élargissement. Cet intervalle peut «raisonnablement» être adopté pour décrire le mesurande dans l'esprit de la définition du GUM; il assure en effet, dans les cas les plus usuels, la compatibilité avec tous les autres résultats de mesures adoptés de la même manière pour le même mesurande avec un niveau de confiance suffisant.

NOTE 5 Conformément au document CIPM INC-1 et au GUM, les composantes de l'incertitude qui sont évaluées par des méthodes statistiques sont appelées *composantes de catégorie A*, et celles évaluées par d'autres méthodes *composantes de catégorie B*.

3.1.5
valeur indiquée ou lue
signal de sortie d'appareil
[VEI 311-01-07 modifié]

NOTE 1 La valeur indiquée peut être dérivée de l'indication en utilisant la courbe d'étalonnage [VEI].

NOTE 2 Pour une mesure matérialisée, l'indication est sa valeur nominale ou sa valeur déclarée [VEI].

NOTE 3 L'indication dépend du format de sortie de l'appareil:

– pour les *sorties analogiques* c'est un nombre lié à l'unité appropriée de l'affichage;

– pour les *sorties numériques,* c'est le nombre affiché;

– pour les *sorties codées,* c'est l'identification de la signification du code.

NOTE 4 Pour les sorties analogiques destinées à être lues par un observateur humain (comme sur les appareils à index et échelle), l'unité de sortie est l'unité de division de l'échelle. Pour les sorties analogiques destinées à être lues par un autre appareil (comme dans les transmetteurs étalonnés), l'unité de sortie est l'unité de mesure de la grandeur supportant le signal de sortie.

3.1.6
étalonnage
ensemble des opérations établissant la relation qui existe, dans les conditions spécifiées, entre l'indication et la mesure, en référence à des étalons
[VEI 311-01-09]

NOTE 1 La relation entre les indications et les mesures peut être donnée en principe dans un diagramme d'étalonnage [VEI].

NOTE 2 L'étalonnage est effectué dans des conditions opératoires bien définies pour l'appareil. Le diagramme d'étalonnage représentant son résultat n'est pas valable si l'appareil est utilisé dans des conditions sortant de la plage utilisée pour l'étalonnage.

NOTE 3 Assez souvent, notamment pour des appareils dont les caractéristiques métrologiques sont suffisamment connues par expérience, il s'avère commode de prédéfinir un diagramme d'étalonnage simplifié et de n'effectuer qu'une vérification de l'étalonnage (voir 3.2.12) afin de confirmer que la réponse de l'appareil reste au sein de ses limites. Le diagramme simplifié est, bien entendu, plus large que celui qui serait défini par un étalonnage complet de l'appareil, et l'incertitude affectée aux résultats de mesures est par conséquent plus grande.

3.1.7
diagramme d'étalonnage
partie du plan muni de coordonnées définie par l'axe des indications et l'axe des mesures, qui représente la réponse de l'appareil aux différentes valeurs du mesurande
[VEI 311-01-10]

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 2 Uncertainty of measurement comprises, in general, many components. Some of these components can be evaluated from the statistical distribution of the results of a series of measurements and can be characterized by experimental standard deviations. The other components, which can also be characterized by standard deviations, are evaluated from the assumed probability distributions based on experience or other information [IEV, VIM].

NOTE 3 It is understood that the result of the measurement is the best estimate of the value of the measurand, and that all components of uncertainty, including those arising from systematic effects, such as components associated with corrections and reference standards, contribute to the dispersion [IEV, VIM].

NOTE 4 The definition and notes 1 and 2 are from GUM, clause B.2.18. The option used in this standard is to express the uncertainty as the half-width of an interval with the GUM procedures with a coverage factor of 2. This choice corresponds to the practice now adopted by many national standards laboratories. With the normal distribution a coverage factor of 2 corresponds to a level of confidence of 95 %. Otherwise statistical elaborations are necessary to establish the correspondence between the coverage factor and the level of confidence. As the data for such elaborations are not always available, it is deemed preferable to state the coverage factor. This interval can be "reasonably" assigned to describe the measurand, in the sense of the GUM definition, as in most usual cases it ensures compatibility with all other results of measurements of the same measurand assigned in the same way at a sufficiently high confidence level.

NOTE 5 Following CIPM document INC-1 and GUM, the components of uncertainty that are evaluated by statistical methods are referred to as *components of category A,* and those evaluated with the help of other methods as *components of category B.*

3.1.5
indication or reading-value
output signal of the instrument
[IEV 311-01-07, modified]

NOTE 1 The indicated value can be derived from the indication by means of the calibration curve [IEV].

NOTE 2 For a material measure, the indication is its nominal or stated value [IEV].

NOTE 3 The indication depends on the output format of the instrument:

– for *analogue outputs* it is a number tied to the appropriate unit of the display;

– for *digital outputs* it is the displayed digitized number;

– for *code outputs* it is the identification of the code pattern.

NOTE 4 For analogue outputs meant to be read by a human observer (as in the index-on-scale instruments) the unit of output is the unit of scale numbering; for analogue outputs meant to be read by another instrument (as in calibrated transducers) the unit of output is the unit of measurement of the quantity supporting the output signal.

3.1.6
calibration
set of operations which establishes the relationship which exists, under specified conditions, between the indication and the result of a measurement by reference to standards
[IEV 311-01-09]

NOTE 1 The relationship between the indications and the results of measurement can be expressed, in principle, by a calibration diagram [IEV].

NOTE 2 The calibration must be performed under well defined operating conditions for the instrument. The calibration diagram representing its result is not valid if the instrument is operated under conditions outside the range used for the calibration.

NOTE 3 Quite often, specially for instruments whose metrological characteristics are sufficiently known from past experience, it is convenient to predefine a simplified calibration diagram and perform only a verification of calibration (see 3.2.12) to check whether the response of the instrument stays within its limits. The simplified diagram is of course wider than the diagram that would be defined by the full calibration of the instrument, and the uncertainty assigned to the results of measurements is consequently larger.

3.1.7
calibration diagram
portion of the co-ordinate plane, defined by the axis of indication and the axis of results of measurement, which represents the response of the instrument to differing values of the measurand
[IEV 311-01-10]

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.1.8
courbe d'étalonnage
courbe qui donne la relation entre l'indication et la valeur du mesurande
[VEI 311-01-11]

NOTE 1 La courbe d'étalonnage est la courbe qui sépare en deux parties la largeur du diagramme d'étalonnage parallèlement à l'axe des résultats de mesure, en passant par les points représentant les valeurs du mesurande (voir 6.1 et Figure 1).

NOTE 2 Lorsque la courbe d'étalonnage est une droite passant par zéro, il est commode de se référer à la pente, connue comme la constante de l'appareil [VEI].

3.1.9
valeur indiquée
valeur donnée par un appareil indicateur sur la base de sa courbe d'étalonnage
[VEI 311-01-08]

NOTE La valeur indiquée est la valeur de mesure du mesurande lorsque l'appareil est utilisé pour une mesure directe (voir 3.2.7) dans toutes les conditions d'utilisation pour lesquelles le diagramme d'étalonnage est valable.

3.1.10
compatibilité (de mesure)
propriété satisfaite par toutes les mesures du même mesurande, caractérisée par un recouvrement adéquat de leurs intervalles
[VEI 311-01-14]

NOTE 1 La compatibilité d'un des résultats d'une mesure avec tous les autres représentant le même mesurande ne peut être déclarée qu'à un certain niveau de confiance puisqu'il dépend des inférences statistiques, niveau qu'il convient d'indiquer, au moins par une convention implicite ou un facteur d'élargissement.

NOTE 2 La compatibilité des résultats de mesures obtenus avec des appareils et méthodes différents est assurée par la traçabilité (voir 3.1.16) jusqu'à un étalon primaire commun (voir 3.2.6) parmi celles utilisées pour l'étalonnage des différents appareils (et évidemment par la rigueur de l'étalonnage et des procédures opératoires).

NOTE 3 Lorsque deux résultats d'une mesure ne sont pas compatibles, il convient de déterminer par des moyens indépendants si l'un ou les deux sont erronés (peut-être parce que l'incertitude est trop étroite), et si le mesurande est bien le même.

NOTE 4 Les mesures effectuées avec une incertitude plus large donnent des résultats compatibles sur une plus large plage, puisqu'ils font moins de discrimination entre différents mesurandes, ce qui permet de les classifier avec des modèles plus simples. Avec des incertitudes plus étroites, la compatibilité demande des modèles plus détaillés des systèmes mesurés.

3.1.11
incertitude intrinsèque du mesurande
incertitude minimale pouvant être définie dans la description d'une grandeur mesurée

NOTE 1 Il n'est pas possible de mesurer une grandeur avec une incertitude toujours plus étroite, dans la mesure où toute grandeur, quelle qu'elle soit, est définie ou identifiée à un niveau de détail donné. Si l'on essaie de la mesurer avec une incertitude plus étroite que sa propre incertitude intrinsèque, on se trouve amené à la redéfinir avec plus de détail, de sorte qu'on mesure en fait une autre grandeur. Voir aussi GUM D.1.1.

NOTE 2 Le résultat d'une mesure effectuée avec l'incertitude intrinsèque du mesurande peut être appelé *meilleure mesure* de la grandeur en question.

3.1.12
incertitude instrumentale (absolue)
incertitude du résultat d'une mesure directe d'un mesurande ayant une incertitude intrinsèque négligeable

NOTE 1 Sauf indication explicitement contraire, l'incertitude instrumentale s'exprime par un intervalle ayant un facteur d'élargissement de 2.

NOTE 2 Pour les mesures directes par lecture unique effectuées sur des mesurandes ayant une faible incertitude intrinsèque par rapport à l'incertitude instrumentale, l'incertitude de la mesure coïncide par définition avec l'incertitude instrumentale. Dans les autres cas, l'incertitude instrumentale sera traitée comme une composante de catégorie B pour évaluer l'incertitude de la mesure sur la base du modèle reliant les différentes mesures directes concernées.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.1.8
calibration curve
curve which gives the relationship between the indication and the value of the measurand
[IEV 311-01-11]

NOTE 1 The calibration curve is the curve bisecting the width of the calibration diagram parallel to the axis of results of measurement, thus joining the points representing the values of the measurand (see 6.1 and Figure 1).

NOTE 2 When the calibration curve is a straight line passing through zero, it is convenient to refer to the slope which is known as the instrument constant [IEV].

3.1.9
indicated value
value given by an indicating instrument on the basis of its calibration curve
[IEV 311-01-08]

NOTE The indicated value is the measure-value of the measurand when the instrument is used in a direct measurement (see 3.2.7) under all the operating conditions for which the calibration diagram is valid.

3.1.10
(measurement) compatibility

property satisfied by all the results of measurement of the same measurand, characterized by an adequate overlap of their intervals
[IEV 311-01-14]

NOTE 1 The compatibility of any result of a measurement with all the other ones that represent the same measurand can be asserted only at some level of confidence, as it depends on statistical inference, a level that should be indicated, at least by implicit convention or through a coverage factor.

NOTE 2 The compatibility of the results of measurements obtained with different instruments and methods is ensured by the traceability (see 3.1.16) to a common primary standard (see 3.2.6) of the standards used for the calibration of the several instruments (and of course by the correctness of the calibration and operation procedures).

NOTE 3 When two results of a measurement are not compatible one must decide by independent means whether one or both results are wrong (perhaps because the uncertainty is too narrow), or whether the measurand is not the same.

NOTE 4 Measurements carried out with wider uncertainty yield results which are compatible on a wider range, because they discriminate less among different measurands allowing to classify them with simpler models; with narrower uncertainties the compatibility calls for more detailed models of the measured systems.

3.1.11
intrinsic uncertainty of the measurand
minimum uncertainty that can be assigned in the description of a measured quantity

NOTE 1 No quantity can be measured with narrower and narrower uncertainty, inasmuch as any given quantity is defined or identified at a given level of detail. If one tries to measure a given quantity with uncertainty lower than its own intrinsic uncertainty one is compelled to redefine it with higher detail, so that one is actually measuring another quantity. See also GUM D.1.1.

NOTE 2 The result of a measurement carried out with the intrinsic uncertainty of the measurand may be called the *best measurement* of the quantity in question.

3.1.12
(absolute) instrumental uncertainty
uncertainty of the result of a direct measurement of a measurand having negligible intrinsic uncertainty

NOTE 1 Unless explicitly stated otherwise, the instrumental uncertainty is expressed as an interval with coverage factor 2.

NOTE 2 In single-reading direct measurements of measurands having intrinsic uncertainty small with respect to the instrumental uncertainty, the uncertainty of the measurement coincides, by definition, with the instrumental uncertainty. Otherwise the instrumental uncertainty is to be treated as a component of category B in evaluating the uncertainty of the measurement on the basis of the model connecting the several direct measurements involved.

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 3 L'incertitude instrumentale inclut automatiquement, par définition, les effets de la quantification des valeurs des lectures (fraction évaluable minimale de l'intervalle d'échelle pour les sorties analogiques, unité du dernier chiffre stable pour les sorties numériques).

NOTE 4 Pour les mesures matérielles, l'incertitude instrumentale est l'incertitude qu'il faudrait associer à la valeur de la grandeur reproduite par la mesure matérialisée pour assurer la compatibilité des résultats de ses mesures.

NOTE 5 Lorsque cela est possible et avantageux, l'incertitude peut être exprimée sous forme relative (voir 3.3.3) ou fiduciaire (voir 3.3.4). L'*incertitude relative* est le rapport U/V de l'incertitude absolue U à la valeur de mesure V, et l'*incertitude fiduciaire* le rapport U/V_f de l'incertitude absolue U à une valeur conventionnelle V_f.

3.1.13
valeur conventionnelle
valeur de mesure d'une référence utilisée dans une opération d'étalonnage et connue avec une incertitude négligeable par rapport à l'incertitude de l'appareil à étalonner

NOTE Cette définition est adaptée à l'objet de la présente norme à partir de la définition d'une «valeur conventionnelle vraie (d'une grandeur)»: valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue, parfois par convention, comme ayant une incertitude appropriée pour un usage donné [VEI 311-01-06, VIM 1.20]

3.1.14
grandeur d'influence
grandeur qui n'est pas l'objet de la mesure, et dont la variation affecte la relation entre l'indication et la mesure
[VEI 311-06-01]

NOTE 1 Les grandeurs d'influence peuvent provenir du système de mesure, de l'appareil de mesure ou de l'environnement [VEI].

NOTE 2 Comme le diagramme d'étalonnage dépend des grandeurs d'influence, pour assigner la mesure, il est nécessaire de savoir si les grandeurs d'influence applicables sont dans la plage spécifiée [VEI].

NOTE 3 Une grandeur d'influence est dite située dans une plage C' à C'' lorsque les résultats de sa mesure satisfont la relation: $C' \leq V - U < V + U \leq C''$.

3.1.15
conditions stables
conditions de fonctionnement d'un appareil de mesure dans lesquelles la variation du mesurande dans le temps est telle que la relation entre les signaux d'entrée et les signaux de sortie des appareils ne subissent pas d'altération significative par rapport à celle obtenue lorsque le mesurande est constant dans le temps

3.1.16
traçabilité
propriété du résultat d'une mesure ou de la valeur d'un étalon telle qu'elle puisse être reliée à des références déterminées, généralement des étalons nationaux ou internationaux, par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue de comparaisons ayant toutes des incertitudes déterminées [VEI 311-01-15, VIM 6.10]

NOTE 1 Ce concept est souvent exprimé par l'adjectif traçable [VEI, VIM].

NOTE 2 La chaîne ininterrompue de comparaisons est appelée chaîne de raccordement aux étalons ou chaîne d'étalonnage [VEI, VIM].

NOTE 3 La traçabilité implique l'établissement d'une organisation métrologique dotée d'une hiérarchie d'étalons (appareils et mesures matérielles) d'incertitude intrinsèque croissante. La chaîne de comparaisons reliant l'étalon primaire et l'appareil étalonné ajoute en fait une nouvelle incertitude à chaque maillon.

NOTE 4 La traçabilité n'est assurée qu'avec une incertitude donnée, qui sera indiquée.

3.2 Définitions des appareils et des opérations

3.2.1
appareil (de mesure)
dispositif destiné à être utilisé pour faire des mesures, seul ou associé à un ou plusieurs dispositifs annexes
[VEI 311-03-01, VIM 4.1]

NOTE Le terme «appareil (de mesure)» englobe à la fois les indicateurs des appareils et les mesures matérialisées.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 3 The instrumental uncertainty automatically includes, by definition, the effects due to the quantization of the reading-values (minimum evaluable fraction of the scale interval in analogic outputs, unit of the last stable digit in digital outputs).

NOTE 4 For material measures the instrumental uncertainty is the uncertainty that should be associated to the value of the quantity reproduced by the material measure in order to ensure the compatibility of the results of its measurements.

NOTE 5 When possible and convenient the uncertainty may be expressed in the relative form (see 3.3.3) or in the fiducial form (see 3.3.4). The *relative uncertainty* is the ratio U/V of the absolute uncertainty U to the measure value V, and the *fiducial uncertainty* the ratio U/V_f of the absolute uncertainty U to a conventionally chosen value V_f.

3.1.13
conventional value
measure-value of a standard used in a calibration operation and known with uncertainty negligible with respect to the uncertainty of the instrument to be calibrated

NOTE This definition is adapted to the object of this standard from the definition of "conventional true value (of a quantity)": value attributed to a particular quantity and accepted, sometimes by convention, as having an uncertainty appropriate for a given purpose [IEV 311-01-06, VIM 1.20]

3.1.14
influence quantity
quantity which is not the subject of the measurement and whose change affects the relationship between the indication and the result of the measurement
[IEV 311-06-01]

NOTE 1 Influence quantities can originate from the measured system, the measuring equipment or the environment [IEV].

NOTE 2 As the calibration diagram depends on the influence quantities, in order to assign the result of a measurement it is necessary to know whether the relevant influence quantities lie within the specified range [IEV].

NOTE 3 An influence quantity is said to lie within a range C' to C'' when the results of its measurement satisfy the relationship: $C' \leq V - U < V + U \leq C''$.

3.1.15
steady-state conditions
operating conditions of a measuring device in which the variation of the measurand with the time is such that the relation between the input and output signals of the instruments does not suffer a significant change with respect to the relation obtaining when the measurand is constant in time

3.1.16
traceability
property of the result of a measurement or of the value of a standard such that it can be related to stated references, usually national or international standards, through an unbroken chain of comparisons all having stated uncertainties
[IEV 311-01-15, VIM 6.10]

NOTE 1 The concept is often expressed by the adjective traceable [IEV, VIM].

NOTE 2 The unbroken chain of comparisons is called a traceability chain [IEV, VIM].

NOTE 3 The traceability implies that a metrological organization be established with a hierarchy of standards (instruments and material measures) of increasing intrinsic uncertainty. The chain of comparisons from the primary standard to the calibrated device adds indeed new uncertainty at each step.

NOTE 4 Traceability is ensured only within a given uncertainty, that should be specified.

3.2 Definitions of devices and operations

3.2.1
(measuring) instrument
device intended to be used to make measurements, alone or in conjunction with supplementary devices
[IEV 311-03-01, VIM 4.1]

NOTE The term "(measuring) instruments" includes both the indicating instruments and the material measures.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2.2
appareil (de mesure) afficheur
appareil de mesure qui affiche une indication
[VEI 311-03-02, VIM 4.6]

NOTE 1 L'indication peut être analogique (continue ou discontinue), numérique ou codée [VEI].

NOTE 2 L'appareil peut indiquer simultanément les valeurs de plusieurs grandeurs [VEI].

NOTE 3 Un appareil de mesure afficheur peut, de plus, fournir un enregistrement [VEI].

NOTE 4 L'affichage peut constituer en un signal de sortie non directement lisible par un observateur humain, mais capable d'interprétation par un dispositif convenable [VEI].

NOTE 5 Un appareil indicateur peut être constitué d'un seul transmetteur, ou d'une chaîne de transmetteurs, avec ajout possible d'autres appareils de traitement.

NOTE 6 L'interaction entre l'appareil indicateur, le système mesuré et l'environnement génère un signal dans le premier élément de l'appareil (appelé *capteur*). Ce signal est transformé à l'intérieur de l'appareil en un *signal de sortie* transportant les informations sur le mesurande. La description du signal de sortie sous un format de sortie approprié est l'indication fournie par l'appareil.

NOTE 7 Une chaîne d'appareils est considérée comme un seul appareil indicateur lorsqu'il n'existe qu'un seul diagramme d'étalonnage reliant le mesurande à la sortie du dernier élément de la chaîne. Les grandeurs d'influence doivent dans ce cas être définies pour la chaîne complète.

3.2.3
mesure matérialisée
dispositif destiné à reproduire ou à fournir, d'une façon permanente pendant son emploi, une ou plusieurs valeurs connues d'une grandeur connue
[VEI 311-03-03, VIM 4.2]

NOTE 1 La grandeur en question peut être appelée *grandeur fournie* [VEI].

NOTE 2 La définition couvre également tous les appareils tels que les générateurs de signaux et les générateurs de tension et de courant étalons que l'on appelle souvent *appareils d'alimentation*.

NOTE 3 L'identification de la valeur et celle de l'incertitude de la grandeur fournie sont données par un nombre lié à une unité de mesure ou à un code appelés la *valeur nominale* ou *valeur marquée* de la mesure matérialisée.

3.2.4
appareil électrique de mesure
appareil de mesure destiné à mesurer une grandeur électrique ou une grandeur non électrique par des moyens électriques ou électroniques
[VEI 311-03-04]

3.2.5
transmetteur
dispositif technique appliquant un traitement donné à un signal d'entrée pour le transformer en signal de sortie

NOTE Tous les appareils afficheurs contiennent un ou plusieurs transmetteurs. Lorsque les signaux sont traités par une chaîne de transmetteurs, les signaux d'entrée et de sortie de chaque transmetteur ne sont pas toujours accessibles de façon directe et univoque.

3.2.6
étalon primaire
étalon désigné ou largement reconnu comme présentant les plus hautes qualités métrologiques, et dont la valeur est établie sans se référer à d'autres étalons de la même grandeur
[VEI 311-04-02, VIM 6.4]

NOTE 1 Le concept d'étalon primaire est valable aussi bien pour les grandeurs de base que pour les grandeurs dérivées [VEI].

NOTE 2 Un étalon primaire n'est jamais utilisé directement pour des mesures en dehors de sa comparaison avec les étalons témoins ou avec les étalons de référence [VEI].

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2.2
indicating (measuring) instrument
measuring instrument which displays an indication
[IEV 311-03-02, VIM 4.6]

NOTE 1 The display can be analogue (continuous or discontinuous), digital or coded [IEV].

NOTE 2 Values of more than one quantity can be displayed simultaneously [IEV].

NOTE 3 A displaying measuring instrument can also provide a record [IEV].

NOTE 4 The display can consist of an output signal not directly readable by a human observer, but able to be interpreted by suitable devices [IEV].

NOTE 5 An indicating instrument may consist of a chain of transducers with the possible addition of other process devices, or it may consist of one transducer.

NOTE 6 The interaction between the indicating instrument, the measured system and the environment generates a signal in the first stage of the instrument (called *sensor*). This signal is elaborated inside the instrument into an *output signal* which carries the information on the measurand. The description of the output signal in a suitable output format is the indication supplied by the instrument.

NOTE 7 A chain of instruments is treated as a single indicating instrument when a single calibration diagram is available that connects the measurand to the output of the last element of the chain. In this case the influence quantities must be defined for the whole chain.

3.2.3
material measure
device intended to reproduce or supply, in a permanent manner during its use, one or more known values of a given quantity
[IEV 311-03-03, VIM 4.2]

NOTE 1 The quantity concerned may be called the *supplied quantity* [IEV].

NOTE 2 The definition covers also those devices, such as signal generators and standard voltage or current generators, often referred to as *supply instruments*.

NOTE 3 The identification of the value and uncertainty of the supplied quantity is given by a number tied to a unit of measurement or a code term, called the *nominal value* or *marked value* of the material measure.

3.2.4
electrical measuring instrument
measuring instrument intended to measure an electrical or non-electrical quantity using electrical or electronic means
[IEV 311-03-04]

3.2.5
transducer
technical device which performs a given elaboration on an input signal, transforming it into an output signal

NOTE All indicating instruments contain transducers and they may consist of one transducer. When the signals are elaborated by a chain of transducers, the input and output signals of each transducer are not always directly and univocally accessible.

3.2.6
primary standard
standard that is designated or widely acknowledged as having the highest metrological qualities and whose value is accepted without reference to other standards of the same quantity
[IEV 311-04-02, VIM 6.4]

NOTE 1 The concept of a primary standard is equally valid for base quantities and derived quantities [IEV].

NOTE 2 A primary standard is never used directly for measurement other than for comparison with duplicate standards or reference standards [IEV].

--`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2.7
(méthode de) mesure directe
méthode de mesure dans laquelle la valeur d'un mesurande est obtenue directement, sans qu'il soit nécessaire d'exécuter des calculs supplémentaires, basés sur une dépendance fonctionnelle du mesurande par rapport à d'autres grandeurs réellement mesurées
[VEI 311-02-01]

NOTE 1 On considère que la valeur du mesurande est obtenue directement même lorsque l'échelle d'un appareil de mesure comporte des valeurs qui sont reliées aux valeurs correspondantes du mesurande à l'aide d'un tableau ou d'un graphique [VEI].

NOTE 2 La méthode de mesure reste directe même s'il est nécessaire d'exécuter des mesures supplémentaires pour déterminer les valeurs des grandeurs d'influence en vue d'effectuer des corrections [VEI].

NOTE 3 Les définitions des caractéristiques métrologiques des appareils se réfèrent implicitement à leur utilisation en mesure directe.

3.2.8
(méthode de) mesure indirecte
méthode de mesure dans laquelle la valeur d'une grandeur est obtenue à partir des mesures effectuées par des méthodes de mesure directe d'autres grandeurs liées au mesurande par une relation connue
[VEI 311-02-02]

NOTE 1 Pour pouvoir appliquer une méthode de mesure indirecte, il faut disposer d'un modèle capable de fournir la relation, totalement explicitée, entre le mesurande et les paramètres mesurés par mesure directe.

NOTE 2 Les calculs doivent être effectués à la fois sur les valeurs et sur les incertitudes, et imposent par conséquent des règles acceptées pour la propagation de l'incertitude conformément aux prescriptions du GUM.

3.2.9
(méthode de) mesure par observations répétées
méthode de mesure dans laquelle la mesure est assignée par analyse statistique de la distribution des données obtenues par plusieurs observations, répétées dans des conditions nominalement égales

NOTE 1 Il convient de recourir à l'analyse statistique lorsque l'incertitude instrumentale est trop faible pour permettre de mesurer la compatibilité. Ce cas peut se présenter dans deux ensembles de circonstances différents:

a) Lorsque le mesurande est une grandeur sujette à des fluctuations statistiques intrinsèques (par exemple dans les mesures de décroissance nucléaire). Dans ce cas, le mesurande réel est la distribution statistique des états de la grandeur mesurée, que l'on décrira par ses paramètres statistiques (moyenne et écart type). L'analyse statistique est effectuée sur une population de résultats de mesure, chacun avec sa propre valeur et sa propre incertitude, puisque chaque observation décrit correctement un état particulier de la grandeur mesurée. Cette situation peut être considérée comme un cas particulier de la mesure directe.

b) Lorsque le bruit associé à la transmission des signaux affecte davantage la valeur que les conditions de l'étalonnage, contribuant à l'incertitude de la mesure à un point comparable ou supérieur à l'incertitude instrumentale (par exemple utilisation d'appareils de contrôle sur le terrain). Dans ce cas, l'analyse statistique est effectuée sur une population de valeurs lues, en vue de séparer du bruit les informations sur le mesurande. Cette situation peut être considérée comme un nouvel étalonnage de l'appareil pour un ensemble de conditions de fonctionnement sortant de leur plage nominale.

NOTE 2 On ne peut pas espérer obtenir par des observations répétées une incertitude inférieure à l'incertitude instrumentale déterminée par l'étalonnage ou par la classe d'exactitude de l'appareil. En fait, si les résultats des mesures répétées sont compatibles entre eux au sein de l'incertitude instrumentale, c'est cette dernière qui est la référence valable de l'incertitude de la mesure, et plusieurs observations n'apportent pas plus d'informations qu'une seule. Si, au contraire, ils ne sont pas compatibles au sein de l'incertitude instrumentale, le résultat final de la mesure sera exprimé avec une plus grande incertitude afin de rendre tous les résultats compatibles, comme ils doivent l'être par définition.

NOTE 3 Pour les appareils à hystérésis non négligeable, une simple analyse statistique des observations répétées est trompeuse. Il convient que les procédures d'essai appropriées à ces appareils soient exposées dans leurs normes particulières.

3.2.10
incertitude (instrumentale) intrinsèque
incertitude d'un appareil de mesure lorsqu'on l'utilise dans les conditions de référence
[VEI 311-03-09]

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2.7
direct (method of) measurement
method of measurement in which the value of a measurand is obtained directly, without the necessity for supplementary calculations based on a functional relationship between the measurand and other quantities actually measured
[IEV 311-02-01]

NOTE 1 The value of the measurand is considered to be obtained directly even when the scale of a measuring instrument has values which are linked to corresponding values of the measurand by means of a table or a graph [IEV].

NOTE 2 The method of measurement remains direct even if it is necessary to make supplementary measurements to determine the values of influence quantities in order to make corrections [IEV].

NOTE 3 The definitions of the metrological characteristics of the instruments refer implicitly to their use in direct measurements.

3.2.8
indirect (method of) measurement
method of measurement in which the value of a quantity is obtained from measurements made by direct methods of measurement of other quantities linked to the measurand by a known relationship
[IEV 311-02-02]

NOTE 1 In order to apply an indirect method of measurement one needs a model able to supply the relationship, fully explicitated, between the measurand and the parameters that are measured by direct measurement.

NOTE 2 The computations must be carried out on both values and uncertainties, and therefore require accepted rules for the propagation of the uncertainty as provided by the GUM.

3.2.9
(method of) measurement by repeated observations
method of measurement by which the result of the measurement is assigned on the basis of a statistical analysis on the distribution of the data obtained by several observations repeated under nominally equal conditions

NOTE 1 One should resort to a statistical analysis when the instrumental uncertainty is too small to ensure the measurement compatibility. This may happen in two quite different sets of circumstances:

a) when the measurand is a quantity subjected to intrinsic statistical fluctuations (e.g. in measurements involving nuclear decay). In this case the actual measurand is the statistical distribution of the states of the measured quantity, to be described by its statistical parameters (mean and standard deviation). The statistical analysis is carried out on a population of results of measurement, each with its own value and uncertainty, as each observation correctly describes one particular state of the measured quantity. The situation may be considered a particular case of indirect measurement.

b) when the noise associated with the transmission of signals affects the reading-value more than in the operating conditions used for the calibration, contributing to the uncertainty of the measurement to an extent comparable with the instrumental uncertainty or higher (e.g. in the field use of surveyor instruments). In this case the statistical analysis is carried out on a population of reading-values with the purpose of separating the information on the measurand from the noise. The situation may be considered as a new calibration of the instrument for a set of operating conditions outside their rated range.

NOTE 2 One cannot presume to obtain by means of repeated observation an uncertainty lower than the instrumental uncertainty assigned by the calibration or the class of precision of the instrument. Indeed if the results of the repeated measurements are compatible with each other within the instrumental uncertainty, the latter is the valid datum for the uncertainty of the measurement and several observations do not bring more information than one; if on the other hand they are not compatible within the instrumental uncertainty, the final result of the measurement should be expressed with a larger uncertainty in order to make all results compatible as they should be by definition.

NOTE 3 For instruments that exhibit non-negligible hysteresis a straightforward statistical analysis of repeated observations is misleading. Appropriate test procedures for such instruments should be expounded in their particular standards.

3.2.10
intrinsic (instrumental) uncertainty
uncertainty of a measuring instrument when used under reference conditions
[IEV 311-03-09]

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2.11
incertitude instrumentale en fonctionnement
incertitude instrumentale dans les conditions nominales de fonctionnement

NOTE L'incertitude instrumentale en fonctionnement, comme l'incertitude intrinsèque, n'est pas évaluée par l'utilisateur de l'appareil, mais déclarée par son constructeur ou son étalonneur. Cette mention peut revêtir la forme d'une relation algébrique impliquant l'incertitude instrumentale intrinsèque et les valeurs d'une ou plusieurs grandeurs d'influence, mais une telle relation est seulement un moyen commode d'exprimer un ensemble d'incertitudes instrumentales en fonctionnement dans différentes conditions d'utilisation, et non pas une relation fonctionnelle pouvant servir à évaluer la propagation de l'incertitude à l'intérieur de l'appareil.

3.2.12
vérification (d'étalonnage)
ensemble des opérations utilisées pour vérifier si les indications, dans des conditions spécifiées, correspondent à un ensemble donné de mesurandes connus, à l'intérieur des limites d'un diagramme d'étalonnage prédéterminé
[VEI 311-01-13]

NOTE 1 L'incertitude connue du mesurande utilisé pour vérification est généralement négligeable par rapport à l'incertitude assignée à l'appareil dans le diagramme d'étalonnage [VEI].

NOTE 2 La vérification de l'étalonnage d'une mesure matérialisée consiste à vérifier si le résultat d'une mesure de la grandeur fournie est compatible avec l'intervalle indiqué par le diagramme d'étalonnage.

3.2.13
ajustage (d'un appareil de mesure)
ensemble des opérations réalisées sur un appareil pour qu'il fournisse des indications données correspondant à des valeurs données du mesurande
[VEI 311-03-16]

NOTE Lorsque l'appareil est conçu pour donner une indication égale à zéro correspondant à une valeur égale à zéro du mesurande, l'ensemble des opérations est appelé *réglage de zéro* [VEI].

3.2.14
réglage (d'un appareil de mesure)
ajustage utilisant uniquement les moyens mis à la disposition de l'utilisateur, spécifiés par le constructeur
[VEI 311-03-17, VIM 4.31]

3.2.15
écart (pour la vérification d'étalonnage)
différence entre l'indication d'un appareil durant la vérification d'étalonnage et l'indication de l'appareil de référence, dans des conditions équivalentes de fonctionnement
[VEI 311-01-20]

NOTE 1 La comparaison des indications peut être effectuée par mesure simultanée ou par substitution. En principe, la comparaison devrait porter sur le même mesurande dans les mêmes conditions de mesure, mais ceci est impossible parce que le mesurande ne peut jamais être rigoureusement le même. Seul le savoir-faire en métrologie de l'opérateur peut garantir que la différence entre les conditions de mesure des deux appareils est négligeable aux fins de comparaison.

NOTE 2 Si l'un des appareils est une mesure matérialisée, sa valeur nominale est considérée comme la valeur de mesure assignée.

NOTE 3 Ce terme n'est utilisé que pour les opérations de vérification d'étalonnage dans lesquelles l'incertitude de l'appareil de référence est négligeable par définition.

3.3 Définitions relatives aux modes d'expression

3.3.1
caractéristiques métrologiques
données concernant les relations entre les valeurs lues par un appareil de mesure et les mesures des grandeurs interagissant avec lui

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.2.11
operating instrumental uncertainty
instrumental uncertainty under the rated operating conditions

NOTE The operating instrumental uncertainty, like the intrinsic one, is not evaluated by the user of the instrument, but is stated by its manufacturer or calibrator. The statement may be expressed by means of an algebraic relation involving the intrinsic instrumental uncertainty and the values of one or several influence quantities, but such a relation is just a convenient means of expressing a set of operating instrumental uncertainties under different operating conditions, not a functional relation to be used for evaluating the propagation of uncertainty inside the instrument.

3.2.12
verification (of calibration)
set of operations which is used to check whether the indications, under specified conditions, correspond with a given set of known measurands within the limits of a predetermined calibration diagram
[IEV 311-01-13]

NOTE 1 The known uncertainty of the measurand used for verification will generally be negligible with respect to the uncertainty assigned to the instrument in the calibration diagram [IEV].

NOTE 2 The verification of calibration of a material measure consists in checking whether the result of a measurement of the supplied quantity is compatible with the interval given by the calibration diagram.

3.2.13
adjustment (of a measuring instrument)
set of operations carried out on an instrument in order that it provides given indications corresponding to given values of the measurand
[IEV 311-03-16]

NOTE When the instrument is made to give a null indication corresponding to a null value of the measurand, the set of operations is called *zero adjustment* [IEV].

3.2.14
user adjustment (of a measuring instrument)
adjustment, employing only the means at the disposal of the user, specified by the manufacturer
[IEV 311-03-17, VIM 4.31]

3.2.15
deviation (for the verification of calibration)
difference between the indication of an instrument undergoing verification of calibration and the indication of the reference instrument, under equivalent operating conditions
[IEV 311-01-20]

NOTE 1 The comparison of the indications may be carried out by simultaneous measurement or by substitution. In principle the comparison ought to be carried out on the same measurand in the same measuring conditions, but this is impossible because the measurand can never be rigorously the same. Only the metrological expertise of the operator can warranty that the difference in the measurement conditions of the two instruments is negligible for the comparison purposes.

NOTE 2 If one of the instruments is a material measure, its nominal value is taken as the assigned measure-value.

NOTE 3 The term is used only in operations of verification of calibration where the uncertainty of the reference instrument is negligible by definition.

3.3 Definitions on manners of expression

3.3.1
metrological characteristics
data concerning the relations between the readings of a measuring instrument and the measurements of the quantities interacting with it

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.3.2
plage
domaine des valeurs d'une grandeur comprise entre une limite inférieure et une limite supérieure

NOTE 1 Le terme de «plage» est habituellement assorti d'un modificateur pouvant être lié à une caractéristique de performances, à une grandeur d'influence, etc.

NOTE 2 Lorsque l'une des limites de la plage est nulle ou tend vers l'infini, l'autre limite finie prend le nom de *seuil*.

NOTE 3 Aucune incertitude n'est associée aux valeurs de limites de plage ou aux seuils, puisqu'ils ne sont pas en eux-mêmes des résultats de mesures, mais seulement des déclarations a priori sur les conditions que les résultats de mesures doivent réunir. Si le résultat d'une mesure doit se situer dans une plage nominale, il est entendu que la totalité de l'intervalle $V \pm U$ le représentant doit se situer au sein des valeurs limites de la plage ou au-delà de la valeur de seuil, sauf indication contraire spécifiée dans les normes concernées ou par des accords explicites.

NOTE 4 Il est possible d'exprimer une plage en indiquant soit ses valeurs limites inférieure et supérieure, soit sa valeur milieu et sa demi-largeur.

3.3.3
forme relative de l'expression
expression d'une caractéristique métrologique, ou d'autres données, au moyen de leur rapport avec la valeur mesurée de la grandeur considérée

NOTE 1 L'expression sous forme relative est possible lorsque la grandeur considérée permet d'établir un rapport et que sa valeur est non nulle.

NOTE 2 On exprime les incertitudes et leurs limites sous forme relative en divisant leur valeur absolue par celle du mesurande, et les plages de grandeurs d'influence en divisant leur moitié par la valeur milieu du domaine, etc.

3.3.4
forme fiduciaire de l'expression
expression d'une caractéristique métrologique, ou d'autres données, au moyen de leur rapport à une valeur choisie conventionnellement de la grandeur considérée

NOTE 1 L'expression sous forme fiduciaire est possible lorsque la grandeur considérée permet d'établir ce rapport.

NOTE 2 La valeur à laquelle il est fait référence pour définir l'erreur fiduciaire est appelée *valeur fiduciaire*.

3.3.5
variation (due à une grandeur d'influence)
différence entre les valeurs indiquées de la même valeur du mesurande d'un appareil indicateur, ou entre les valeurs d'une mesure matérialisée, lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs différentes
[VEI 311-07-03]

NOTE 1 Il convient que l'incertitude associée aux différentes valeurs de mesure d'une grandeur d'influence dont la variation est évaluée ne dépasse pas la largeur de la plage de référence de la même grandeur d'influence. Il convient que les autres caractéristiques de performances et les autres grandeurs d'influence restent dans les plages spécifiées pour les conditions de référence.

NOTE 2 La variation est un paramètre significatif lorsqu'elle est supérieure à l'incertitude instrumentale intrinsèque.

3.3.6
limite de l'incertitude
valeur limite de l'incertitude instrumentale pour les appareils fonctionnant dans des conditions spécifiées

NOTE 1 Une limite de l'incertitude peut être déclarée par le constructeur de l'appareil, qui indique que dans des conditions spécifiées, l'incertitude instrumentale ne lui est jamais supérieure, ou elle peut être définie par des normes prescrivant que dans des conditions spécifiées, il n'est pas nécessaire que l'incertitude instrumentale lui soit supérieure pour que l'appareil reste dans une classe d'exactitude donnée.

NOTE 2 Une limite d'incertitude peut être exprimée en termes absolus ou sous forme relative ou fiduciaire.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.3.2
range
domain of values of a quantity included between a lower and an upper limit

NOTE 1 The term "range" is usually used with a modifier. It may apply to a performance characteristic, to an influence quantity, etc.

NOTE 2 When one of the limits of a range is zero or infinity, the other finite limit is called a *threshold*.

NOTE 3 No uncertainty is associated with the values of range limits or thresholds as they are not themselves results of measurements but a priori statements about conditions to be met by results of measurements. If the result of a measurement has to lay within a rated range, it is understood that the whole interval $V \pm U$ representing it must lay within the values of the range limits or beyond the threshold value, unless otherwise specified by relevant standards or by explicit agreements.

NOTE 4 A range may be expressed by stating the values of its lower and upper limits, or by stating its mid value and its half-width.

3.3.3
relative form of expression
expression of a metrological characteristic, or of other data, by means of its ratio to the measure value of the quantity under consideration

NOTE 1 Expression in relative form is possible when the quantity under consideration allows the ratio relationship and its value is not zero.

NOTE 2 Uncertainties and limits of uncertainty are expressed in relative form by dividing their absolute value by the value of the measurand, ranges of influence quantities by dividing the halved range by the mid value of the domain, etc.

3.3.4
fiducial form of expression
expression of a metrological characteristic, or of other data, by means of its ratio to a conventionally chosen value of the quantity under consideration

NOTE 1 Expression in fiducial form is possible when the quantity under consideration allows the ratio relationship.

NOTE 2 The value to which reference is made in order to define the fiducial error is called *fiducial value*.

3.3.5
variation (due to an influence quantity)
difference between the indicated values for the same value of the measurand of an indicating instrument, or the values of a material measure, when an influence quantity assumes, successively, two different values
[IEV 311-07-03]

NOTE 1 The uncertainty associated with the different measure values of the influence quantity for which the variation is evaluated should not be wider than the width of the reference range for the same influence quantity. The other performance characteristics and the other influence quantities should stay within the ranges specified for the reference conditions.

NOTE 2 The variation is a meaningful parameter when it is greater than the intrinsic instrumental uncertainty.

3.3.6
limit of uncertainty
limiting value of the instrumental uncertainty for equipment operating under specified conditions

NOTE 1 A limit of uncertainty may be assigned by the manufacturer of the instrument, who states that under the specified conditions the instrumental uncertainty is never higher than this limit, or may be defined by standards, that prescribe that under specified conditions the instrumental uncertainty should not be larger than this limit for the instrument to belong to a given accuracy class.

NOTE 2 A limit of uncertainty may be expressed in absolute terms or in the relative or fiducial forms.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.3.7
classe d'exactitude
classe d'appareils de mesure qui doivent tous satisfaire à un ensemble de spécifications concernant l'incertitude
[VEI 311-06-09]

NOTE 1 Une classe d'exactitude spécifie toujours une limite d'incertitude (pour une plage donnée des grandeurs d'influence), quelles que soient les autres caractéristiques métrologiques qu'elle prescrit.

NOTE 2 Un appareil peut être assigné à différentes classes d'exactitude correspondant à différentes conditions de fonctionnement.

NOTE 3 Sauf indication contraire, la limite d'incertitude définissant une classe d'exactitude est censée être un intervalle ayant un facteur d'élargissement de 2.

3.3.8
valeur assignée
valeur de la grandeur indiquée par le constructeur pour une condition de fonctionnement spécifiée de l'équipement ou de l'appareil

NOTE Une valeur assignée *V* assortie d'une incertitude *U* est en fait une plage $V \pm U$, et il convient qu'elle soit traitée comme telle (voir 3.3.2, note 4)

3.3.9
étendue de mesure (spécifiée)
plage définie par deux valeurs du mesurande, ou grandeur à fournir, dans laquelle les limites d'incertitude de l'appareil de mesure sont spécifiées
[VEI 311-03-12]

NOTE 1 Un appareil de mesure peut avoir plusieurs étendues de mesure [VEI].

NOTE 2 Les limites supérieure et inférieure de l'étendue de mesure spécifiée sont parfois appelées respectivement *capacités maximale* et *minimale*.

3.3.10
conditions de référence
ensemble approprié de valeurs et/ou de domaines de valeurs spécifiés des grandeurs d'influence pour lequel les plus petites incertitudes permissibles d'un appareil de mesure sont spécifiées
[VEI 311-06-02 modifié]

NOTE Les domaines de valeurs spécifiés pour les conditions de référence, appelées *domaines de référence*, ne sont pas plus larges, et sont généralement plus étroits, que ceux spécifiés pour les conditions de fonctionnement assignées.

3.3.11
valeur de référence
valeur spécifiée d'une condition de référence appartenant à un ensemble de conditions de référence
[VEI 311-07-01 modifié]

3.3.12
domaine de référence
domaine de valeurs spécifié d'une condition de référence appartenant à un ensemble de conditions de référence
[VEI 311-07-02 modifié]

3.3.13
conditions de fonctionnement nominales
ensemble de conditions devant être remplies pendant la mesure pour qu'un diagramme d'étalonnage soit valable

NOTE Outre l'étendue de mesure spécifiée et les domaines de fonctionnement assignés pour les grandeurs d'influence, les conditions peuvent comprendre des domaines spécifiés d'autres caractéristiques de performances de fonctionnement, et d'autres indications qu'il est impossible d'exprimer sous forme de domaines de grandeurs.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.3.7
accuracy class
class of measuring instruments, all of which are intended to comply with a set of specifications regarding uncertainty
[IEV 311-06-09]

NOTE 1 An accuracy class always specifies a limit of uncertainty (for a given range of influence quantities), whatever other metrological characteristics it specifies.

NOTE 2 An instrument may be assigned to different accuracy classes for different rated operating conditions.

NOTE 3 Unless otherwise specified, the limit of uncertainty defining an accuracy class is meant as an interval with coverage factor 2.

3.3.8
rated value
quantity value assigned by a manufacturer for a specified operating condition of the equipment or instrument

NOTE A rated value V assigned with an uncertainty U is actually a range $V \pm U$ and should be handled as such (see 3.3.2, note 4)

3.3.9
(specified) measuring range
range defined by two values of the measurand, or quantity to be supplied, within which the limits of uncertainty of the measuring instrument are specified
[IEV 311-03-12]

NOTE 1 An instrument can have several measuring ranges [IEV].

NOTE 2 The upper and lower limits of the specified measuring range are sometimes called the *maximum capacity* and *minimum capacity* respectively.

3.3.10
reference conditions
appropriate set of specified values and/or ranges of values of influence quantities under which the smallest permissible uncertainties of a measuring instrument are specified
[IEV 311-06-02, modified]

NOTE The ranges specified for the reference conditions, called *reference ranges*, are not wider, and are usually narrower, than the ranges specified for the rated operating conditions.

3.3.11
reference value
specified value of one of a set of reference conditions
[IEV 311-07-01, modified]

3.3.12
reference range
specified range of values of one of a set of reference conditions
[IEV 311-07-02, modified]

3.3.13
rated operating conditions
set of conditions that must be fulfilled during the measurement in order that a calibration diagram may be valid

NOTE Beside the specified measuring range and rated operating ranges for the influence quantities, the conditions may include specified ranges for other performance characteristics and other indications that cannot be expressed as ranges of quantities.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.3.14
domaine nominal d'utilisation ou domaine de fonctionnement assigné (pour les grandeurs d'influence)
domaine des valeurs spécifiées qu'une grandeur d'influence peut prendre sans que la variation dépasse des limites spécifiées
[VEI 311-07-05]

NOTE Le domaine de fonctionnement assigné de chaque grandeur d'influence fait partie des conditions de fonctionnement assignées.

3.3.15
conditions limites
conditions extrêmes pouvant être supportées pendant le fonctionnement par un appareil de mesure sans dommage et sans dégradation de ses caractéristiques métrologiques lors d'une utilisation ultérieure dans ses conditions de fonctionnement assignées

3.3.16
valeurs limites de fonctionnement
valeurs extrêmes qu'une grandeur d'influence peut prendre pendant le fonctionnement sans endommager l'appareil d'une façon telle qu'il ne puisse plus satisfaire aux prescriptions fixées pour cet appareil quand il fonctionne par la suite sous les conditions de référence
[VEI 311-07-06]

NOTE Les valeurs limites peuvent dépendre de la durée d'application [VEI].

3.3.17
conditions de stockage et de transport
conditions extrêmes pouvant être supportées hors fonctionnement par un appareil de mesure, sans dommage et sans dégradation de ses caractéristiques métrologiques lors d'une utilisation ultérieure dans ses conditions de fonctionnement assignées

3.3.18
valeurs limites de stockage
valeurs extrêmes qu'une grandeur d'influence peut prendre pendant le stockage sans endommager l'appareil d'une façon telle qu'il ne puisse plus satisfaire aux prescriptions fixées pour cet appareil quand il fonctionne par la suite sous les conditions de référence
[VEI 311-07-07]

NOTE Les valeurs limites peuvent dépendre de la durée d'application [VEI].

3.3.19
valeurs limites de transport
valeurs extrêmes qu'une grandeur d'influence peut prendre pendant le transport sans endommager l'appareil d'une façon telle qu'il ne puisse plus satisfaire aux prescriptions fixées pour cet appareil quand il fonctionne par la suite sous les conditions de référence
[VEI 311-07-08]

NOTE Les valeurs limites peuvent dépendre de la durée d'application [VEI].

4 Spécification des valeurs et des plages

4.1 Le constructeur doit indiquer les valeurs nominales ou les plages spécifiées pour toutes les grandeurs qu'il considère comme étant des caractéristiques métrologiques applicables à un appareil particulier. Les déclarations de valeurs et de plages doivent être accompagnées des déclarations correspondantes sur l'incertitude.

4.2 Le constructeur doit indiquer une plage de référence ou une plage de fonctionnement nominale pour chaque grandeur d'influence prise en compte par lui. La plage de fonctionnement nominale doit inclure la totalité de la plage de référence.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.3.14
nominal range of use or rated operating range (for influence quantities)
specified range of values which an influence quantity can assume without causing a variation exceeding specified limits
[IEV 311-07-05]

NOTE The rated operating range of each influence quantity is a part of the rated operating conditions.

3.3.15
limiting conditions
extreme conditions which an operating measuring instrument can withstand without damage and without degradation of its metrological characteristics when it is subsequently operated under its rated operating conditions

3.3.16
limiting values for operation
extreme values which an influence quantity can assume during operation without damaging the instrument so that it no longer meets its performance requirements when it is subsequently operated under reference conditions
[IEV 311-07-06]

NOTE The limiting values can depend on the duration of their application [IEV].

3.3.17
storage and transport conditions
extreme conditions which a non-operating measuring instrument can withstand without damage and without degradation of its metrological characteristics when it is subsequently operated under its rated operating conditions

3.3.18
limiting values for storage
extreme values which an influence quantity can assume during storage without damaging the instrument so that it no longer meets its performance requirements when it is subsequently operated under reference conditions
[IEV 311-07-07]

NOTE The limiting values can depend on the duration of their application [IEV].

3.3.19
limiting values for transport
extreme values which an influence quantity can assume during transport without damaging the instrument so that it no longer meets its performance requirements when it is subsequently operated under reference conditions
[IEV 311-07-08]

NOTE The limiting values can depend on the duration of their application [IEV].

4 Specification of values and ranges

4.1 The manufacturer shall state rated values or specified ranges for all quantities which he considers to be metrological characteristics applicable to the particular equipment. The statements on values and ranges shall be accompanied by the appropriate statements on uncertainty.

4.2 The manufacturer shall state a reference range and/or a rated operating range for each influence quantity which he takes into account. The rated operating range shall include the whole of the reference range.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.3 Le constructeur doit indiquer les conditions limitatives et les conditions de stockage et de transport pour chaque grandeur d'influence spécifiée. En l'absence de plages spécifiées, les conditions de fonctionnement nominales sont considérées comme conditions limitatives et comme tenant compte des conditions de stockage et de transport.

4.4 L'incertitude doit être exprimée par la demi-largeur d'un intervalle ayant un facteur d'élargissement de 2 (voir 3.1.4, notes 1 et 4).

5 Prescriptions pour les normes CEI relatives aux équipements

5.1 Les normes CEI traitant de tous les types de matériel visés par la présente norme doivent respecter les règles exposées ci-dessous, en particulier en ce qui concerne les points suivants.

5.2 Une norme CEI relative au matériel doit exiger que les spécifications particulières incluent les caractéristiques métrologiques et les grandeurs d'influence pertinentes, ainsi que le type d'informations employé pour spécifier les limites de l'incertitude. Elle doit également mentionner les conditions limitatives et les conditions de stockage et de transport.

5.3 Une norme CEI relative au matériel ne doit être en contradiction avec aucune des prescriptions de la présente norme.

6 Spécification des limites de l'incertitude

6.1 Toutes les informations sur l'incertitude instrumentale, c'est-à-dire l'incertitude des mesures directes effectuées avec des appareils étalonnés, sont représentées par un diagramme d'étalonnage (voir 3.1.7), c'est-à-dire la portion de plan définie par l'axe R des indications (en unités de sortie) et l'axe M des valeurs (en unités de mesure) qui représente la réponse de l'appareil à des mesurandes de différentes valeurs (Figure 1). Le diagramme d'étalonnage n'est pas obligatoirement présenté sous forme graphique. Dans la plupart des cas, des tableaux ou des relations algébriques sont plus commodes. La vue synthétique qu'offre le format graphique convient toutefois mieux aux considérations générales.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.3 The manufacturer shall specify the limiting conditions and storage and transport conditions for each specified influence quantity. If no ranges are specified, the rated operating conditions are considered to be limiting conditions and to include the storage and transport conditions.

4.4 The uncertainty shall be expressed as the half-width of an interval with coverage factor 2 (see 3.1.4, notes 1 and 4).

5 Requirements for IEC standards related to the equipment

5.1 IEC standards covering all kinds of equipment falling within the scope of this standard shall observe the rules laid down herein, and especially the following points:

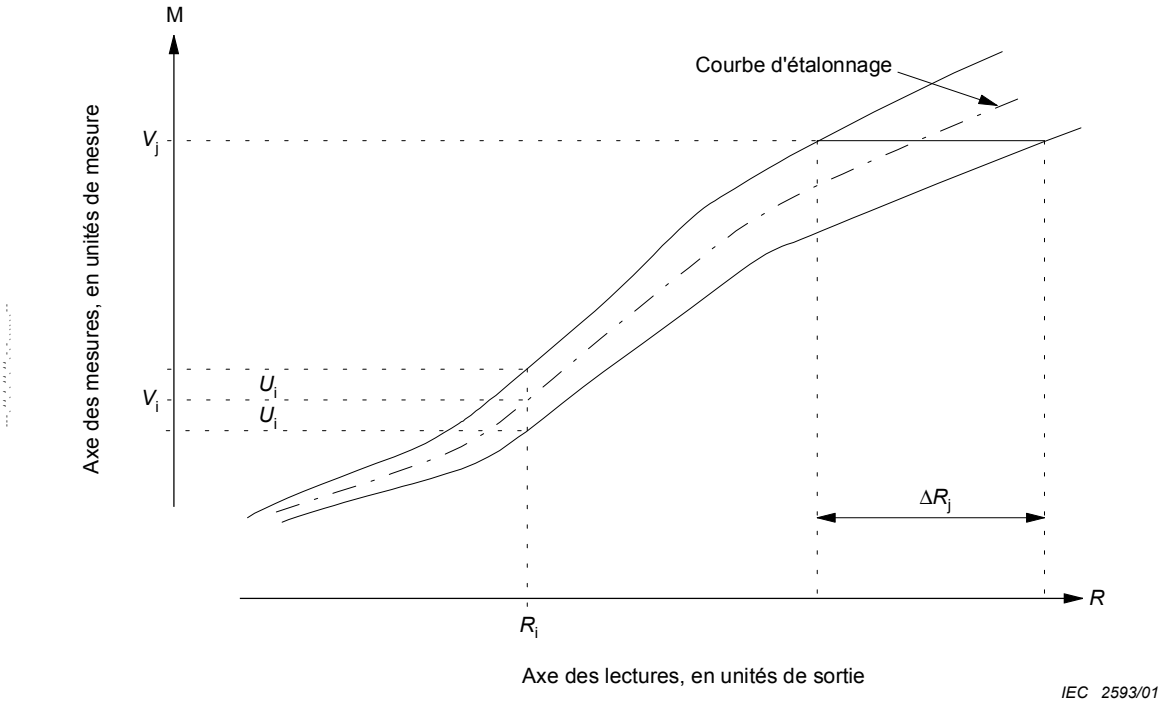
5.2 An IEC standard related to the equipment shall call for particular specifications to include the relevant metrological characteristics and influence quantities, as well as the type of information used in specifying limits of uncertainty. It should also include the limiting conditions and the storage and transport conditions.

5.3 An IEC standard related to the equipment shall not contradict any requirement of this standard.

6 Specification of limits of uncertainty

6.1 All the information on the instrumental uncertainty, i.e. the uncertainty of direct measurements by calibrated instruments, is conveyed conceptually by a calibration diagram (see 3.1.7), i.e. the portion of the coordinate plane defined by the axis R of the indications (in units of output) and the axis M of the values (in units of measurement) that represents the response of the instrument to measurands of different values (Figure 1). The calibration diagram does not need to be presented in a graphical format: in most cases tables or algebraic relations are more convenient, but the synthetic view offered by the graphical format is more suitable for general discussions.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



M = axe des valeurs de mesure, en unités de mesure

R = axe des indications, en unités de sortie

V_j = valeur du mesurande d'essai j

ΔR_j = plage des indications pour le mesurande d'essai j

R_i = indication pour le mesurande inconnu i

V_i = valeur de mesure attribuée au mesurande inconnu i

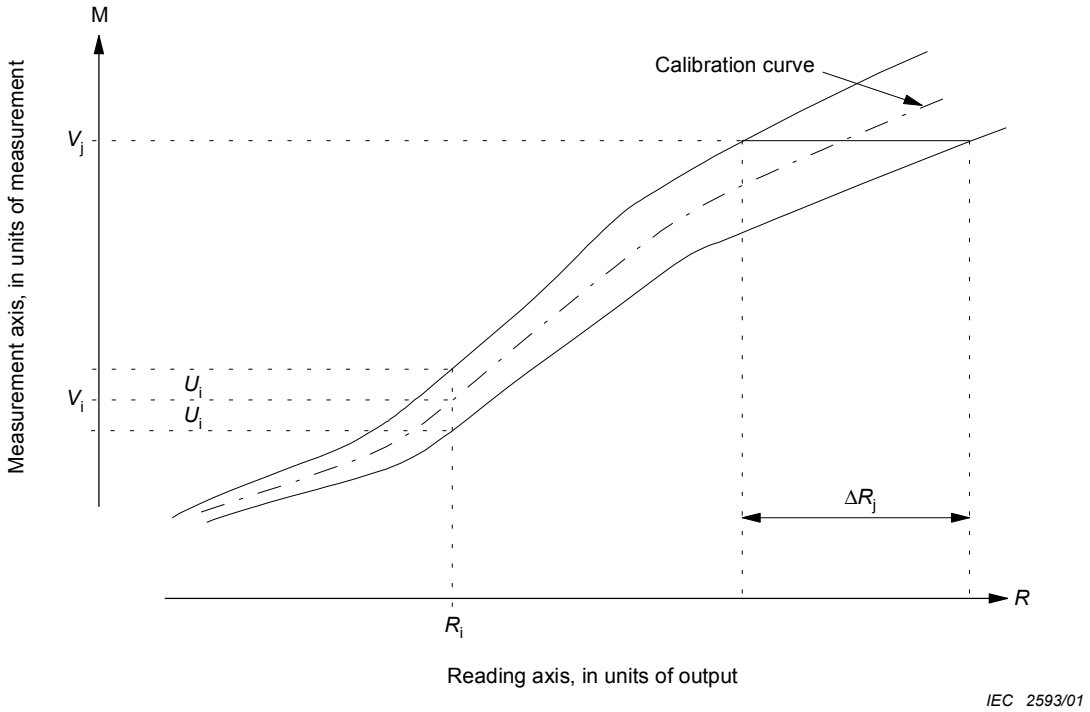
U_i = incertitude du mesurande inconnu i

Figure 1 – Diagramme d'étalonnage

En principe, on construit le diagramme d'étalonnage en déterminant les segments ΔR_j représentant la plage des valeurs lues que l'on s'attend à obtenir, à un niveau de confiance donné, dans les mesures effectuées sur toute la plage des conditions spécifiées de fonctionnement, sur des mesurandes de valeur de mesure V_j connus avec une incertitude nettement inférieure à celle de l'appareil, c'est-à-dire tels que leur valeur puissent servir de «valeur vraie» conventionnelle (voir 3.1.13). Le segment $(V \pm U)_i$ coupé sur ce diagramme par la parallèle à l'axe M passant par la valeur lue R_i obtenue lors d'une mesure particulière donne le résultat de la mesure, puisqu'elle est compatible avec tous les autres résultats pouvant être obtenus avec le même mesurande, et seulement avec eux. La compatibilité est ici évaluée avec le coefficient de corrélation $r = -1$ étant donné que les mesures à la limite de la compatibilité sont par définition effectuées aux extrêmes opposés de l'effet combiné des conditions d'utilisation.

La courbe d'étalonnage (voir 3.1.8) est la courbe reliant les points milieux des segments coupés par le diagramme d'étalonnage sur des parallèles à l'axe M. L'incertitude instrumentale absolue est donnée par la demi-longueur du segment coupé par le diagramme d'étalonnage sur des parallèles à l'axe M (Figure 1). La plage de mesure (voir 3.3.9) est le segment de l'axe des mesures pour lequel la courbe d'étalonnage est définie.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



M = axis of the measure-values, in units of measurement

R = axis of the indications, in units of output

V_j = value of known measurand j

ΔR_j = range of indications for known measurand j

R_i = indication for unknown measurand i

V_i = measure-value assigned to unknown measurand i

U_i = uncertainty of unknown measurand i

Figure 1 – Calibration diagram

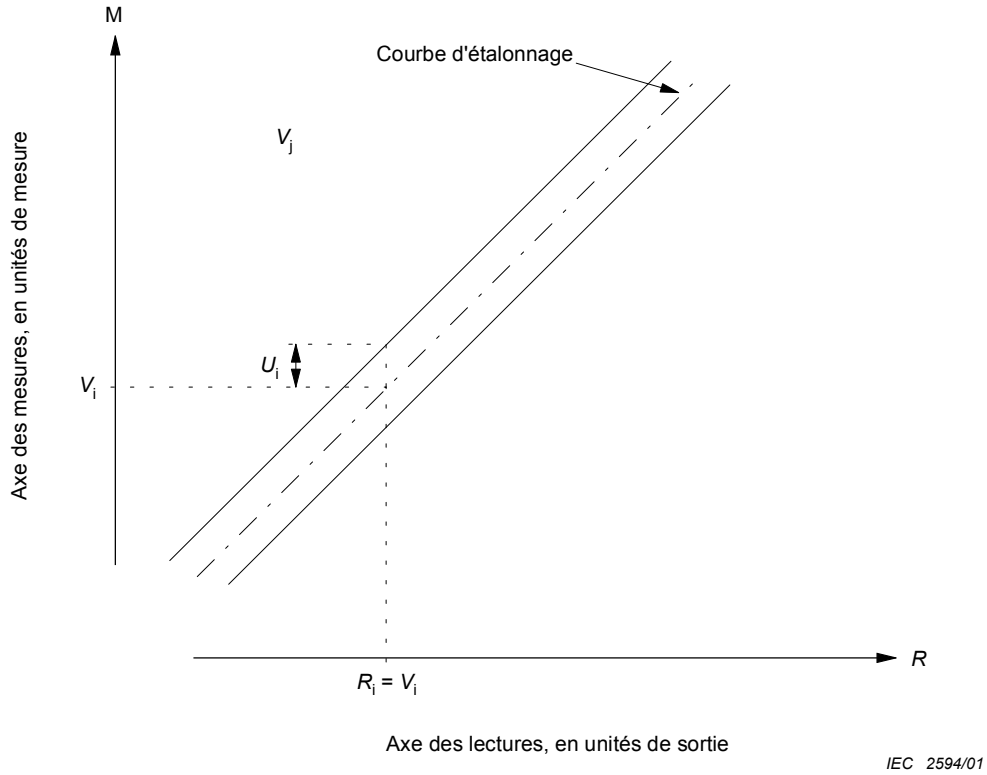
In principle, the calibration diagram is built by determining the segments ΔR_j representing the range of reading-values that one can expect to obtain, at a given level of confidence, in measurements, carried out through the whole range of the specified operating conditions, of measurands of measure-values V_j, known with uncertainty much lower than that of the instrument, i.e. such that their values can be used as "conventional (true) values" (see 3.1.13). The segment $(V \pm U)_i$ intercepted on this diagram by the parallel to the M axis traced through the reading-value R_i obtained in a particular measurement yields the result of the measurement, because it is compatible with all of, and only with, the other results that can be obtained by measuring the same measurand. Compatibility is here evaluated with correlation coefficient $r = -1$ because the measurements at the limit of compatibility are carried out by definition at the opposite extremes of the combined effect of the operating conditions.

The calibration curve (see 3.1.8) is the curve joining the mid points of the segments intercepted by the calibration diagram on the parallels to the M axis. The absolute instrumental uncertainty is given by the half-length of the segment intercepted by the calibration diagram on parallels to the M axis (Figure 1). The measuring range (see 3.3.9) is the segment of the measurement axis for which the calibration curve is defined.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Sur la plupart des appareils destinés à l'utilisation sur le terrain, l'affichage est agencé de telle sorte qu'en choisissant une unité de sortie appropriée, les nombres exprimant l'indication coïncident avec ceux exprimant la valeur de mesure. La courbe d'étalonnage prend alors la forme d'une ligne droite, dont la pente est celle de l'unité, et l'échelle est graduée directement en unités de mesure pour la commodité de l'utilisateur (Figure 2). Cette simplification formelle ne remet pas en cause la différence conceptuelle entre l'indication (valeur lue) et la valeur de mesure attribuée en résultat d'une mesure: le diagramme d'étalonnage sert toujours à déterminer l'incertitude.

Pour les mesures matérielles n'ayant qu'une seule valeur nominale ou un ensemble discret de valeurs nominales, le diagramme d'étalonnage se réduit à un seul segment parallèle à l'axe M, ou à un ensemble discret de segments de ce genre.



M = axe des valeurs de mesure, en unités de mesure

R = axe des indications, en unités de sortie

V_i = valeur de mesure attribuée au mesurande i

R_i = V_i = indication pour le mesurande i, rendue numériquement égale à sa valeur de mesure

U_i = incertitude du mesurande i

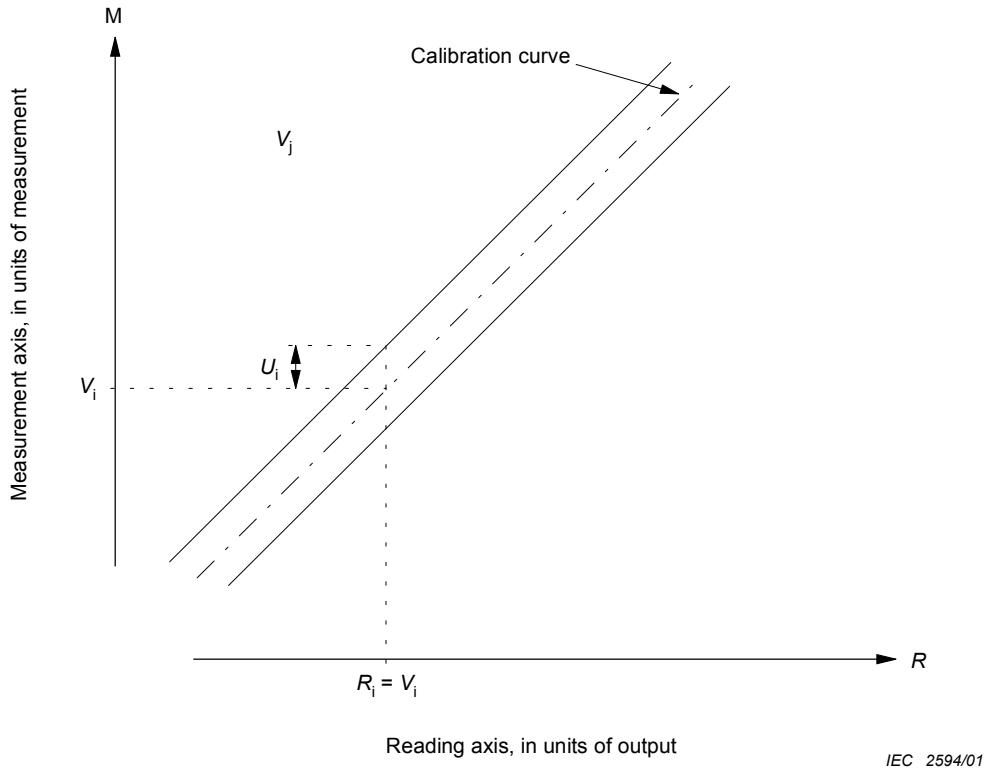
Figure 2 – Diagramme d'étalonnage avec graduation en unités de mesure

6.2 En principe, la spécification des limites de l'incertitude consiste à attribuer des diagrammes d'étalonnage prédéfinis auxquels l'appareil devrait correspondre lors d'une vérification de l'étalonnage. En fait, il ne s'agit pas d'évaluer l'incertitude d'une mesure particulière, ni même d'évaluer l'incertitude instrumentale d'un appareil particulier, mais de fixer une limite à cette dernière: il s'agit de définir un diagramme d'étalonnage général, suffisamment large pour inclure les diagrammes d'étalonnage réels des appareils répondant à la spécification, de sorte que l'incertitude définie par rapport à cette limite ne soit pas supérieure à l'incertitude réelle (mais inconnue).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

In most instruments designed for field use the output display is so arranged, by choosing a suitable unit of output, as to make the numbers expressing the indication coincide with those expressing the measure-value. This way the calibration curve is a straight line with unit slope, and the scale is marked directly in units of measurement for user convenience (Figure 2). This formal simplification does not alter the conceptual difference between the indication (reading-value) and the measure-value assigned as the result of a measurement: the calibration diagram is still used to determine the uncertainty.

For material measures which have only one nominal value, or a discrete set of nominal values, the calibration diagram is reduced to one segment parallel to the M axis, or a discrete set of such segments.



M = axis of the measure-values, in units of measurement

R = axis of the indications, in units of output

V_i = measure-value assigned to measurand i

$R_i = V_i$ = indication for measurand i, made numerically equal to its measure-value

U_i = uncertainty of measurand i

Figure 2 – Calibration diagram with scale marks in units of measurement

6.2 In principle the specification of limits of uncertainty consists in assigning predefined calibration diagrams that the instrument is expected to meet under a verification of the calibration. Indeed, it is not matter of assessing the uncertainty of a particular measurement, nor even of assessing the instrumental uncertainty of a particular instrument, but of setting a limit to such an instrumental uncertainty: it is matter of defining a general calibration diagram wide enough to include the actual calibration diagrams of the instruments satisfying the specification, so that the uncertainty assigned in terms of this limit is not higher that the actual (but unknown) uncertainty.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les diagrammes peuvent être définis par des expressions algébriques donnant la courbe d'étalonnage et l'incertitude sous forme de fonctions des valeurs dans la plage de mesure spécifiée. Les conditions d'utilisation dans lesquelles les diagrammes sont valables seront clairement indiquées.

Pour tous les matériels, un diagramme d'étalonnage de base, donné dans les conditions de référence, détermine l'incertitude instrumentale intrinsèque. Le problème réside dans l'évaluation de l'incertitude instrumentale dans des conditions de fonctionnement différentes et/ou plus larges.

Dans des conditions de fonctionnement différentes de celles de référence, on peut s'attendre à ce que le diagramme d'étalonnage change de largeur, et/ou se décale dans le plan M-R (Figure 3). La variation (voir 3.3.5) décrit le décalage de la courbe d'étalonnage lorsqu'une grandeur d'influence prend des valeurs hors de la plage de référence, mais elle ne dit rien quant à la largeur du nouveau diagramme d'étalonnage, qui dépend de toute façon de la plage de fonctionnement de cette grandeur d'influence autour de sa valeur nominale.

Les conditions de fonctionnement comprenant une grandeur d'influence hors de la plage de référence peuvent être spécifiées de deux façons:

a) en donnant une valeur nominale, ou un ensemble de valeurs nominales pour la grandeur d'influence, définie avec une plage à peu près aussi large que la plage de référence: l'utilisateur est supposé connaître la valeur de la grandeur d'influence au sein d'une incertitude donnée;
b) en donnant pour la grandeur d'influence une plage de fonctionnement nominale incluant la plage de référence: l'utilisateur n'est pas supposé connaître la valeur de la grandeur d'influence, mais seulement savoir qu'elle se trouve dans la plage.

Dans le cas a), le diagramme d'étalonnage peut se décaler dans le plan M-R comme sur la figure 3, créant une nouvelle courbe d'étalonnage. La variation peut servir à déterminer cette nouvelle courbe d'étalonnage, et elle n'est pas une composante de l'incertitude, laquelle est déterminée par la largeur du nouveau diagramme d'étalonnage.

Dans le cas b), le diagramme d'étalonnage doit pouvoir donner des résultats de mesure compatibles pour toute valeur de la grandeur d'influence au sein de la plage de fonctionnement, et peut par conséquent être construit comme l'enveloppe des diagrammes d'étalonnage correspondant aux valeurs nominales de la grandeur d'influence sur toute la plage de fonctionnement. Sa limite est déterminée par les limites extérieures des diagrammes correspondant aux deux conditions de fonctionnement extrêmes, c'est-à-dire celles ayant la variation la plus forte (Figure 4). La variation est alors un facteur entrant dans la détermination de l'incertitude, puisqu'elle est la principale composante de la largeur du diagramme parallèle à l'axe R. A moins que les conditions de fonctionnement extrêmes ne donnent des diagrammes symétriques par rapport à celui obtenu dans les conditions de référence, la courbe d'étalonnage en conditions de fonctionnement sera différente de celle en conditions de référence.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The diagrams may be defined by algebraic expressions giving the calibration curve and the uncertainty as functions of the values in the specified measuring range. The operating conditions under which the diagrams are valid should be clearly specified.

For all equipment a basic calibration diagram is given in reference conditions, which determines the intrinsic instrumental uncertainty. The problem is how to evaluate the instrumental uncertainty in other and/or wider operating conditions.

In operating conditions different from the reference ones, the calibration diagram may be expected to change its width and/or to shift in the M-R plane (Figure 3). The variation (see 3.3.5) describes the shift of the calibration curve when one influence quantity assumes values outside the reference range, but does not tell anything about the width of the new calibration diagram, that in any case depends on the operating range of this influence quantity around its rated value.

Operating conditions with one influence quantity outside the reference range may be specified in two ways:

a) a rated value, or a set of rated values, is given for the influence quantity, defined with a range approximately as wide as the reference range: the user is expected to know the value of the influence quantity within a given uncertainty;

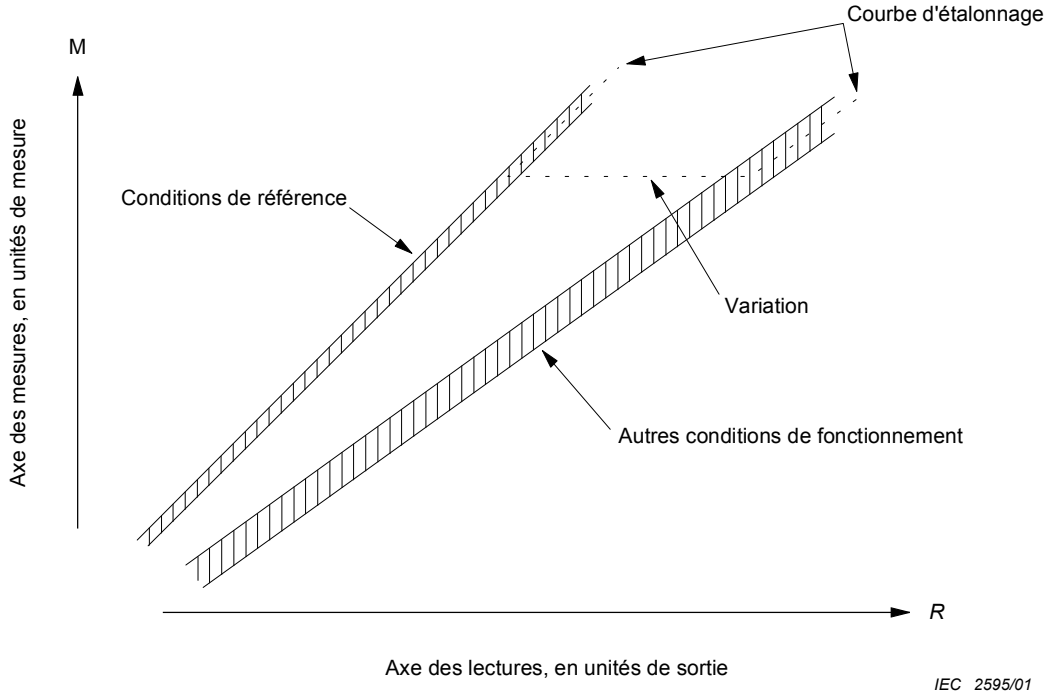
b) a rated operating range is given for the influence quantity, that includes the reference range: the user is not expected to know the value of the influence quantity, but only to know that it lies within the range.

In case a) the calibration diagram may shift in the M-R plane as in Figure 3 giving rise to a new calibration curve. The variation may be used to determine this new calibration curve and is not a component of the uncertainty, which is determined by the width of the new calibration diagram.

In case b) the calibration diagram must be able to yield compatible results of the measurement for any value of the influence quantity within the operating range, and may therefore be constructed as the envelope of the calibration diagrams correspondent to rated values of the influence quantity all over the specified operating range. Its boundary is determined by the outer boundaries of the diagrams correspondent to the two extreme operating conditions, those with higher variation (Figure 4). The variation is now a factor in the determination of the uncertainty, being the major component of the width of the diagram parallel to the R axis. Unless the extreme operating conditions result in diagrams symmetrical with respect to the diagram obtained in reference conditions, the calibration curve in operating conditions will be different from the one in reference conditions.

--`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



M = axe des valeurs de mesure, en unités de mesure

R = axe des indications, en unités de sortie

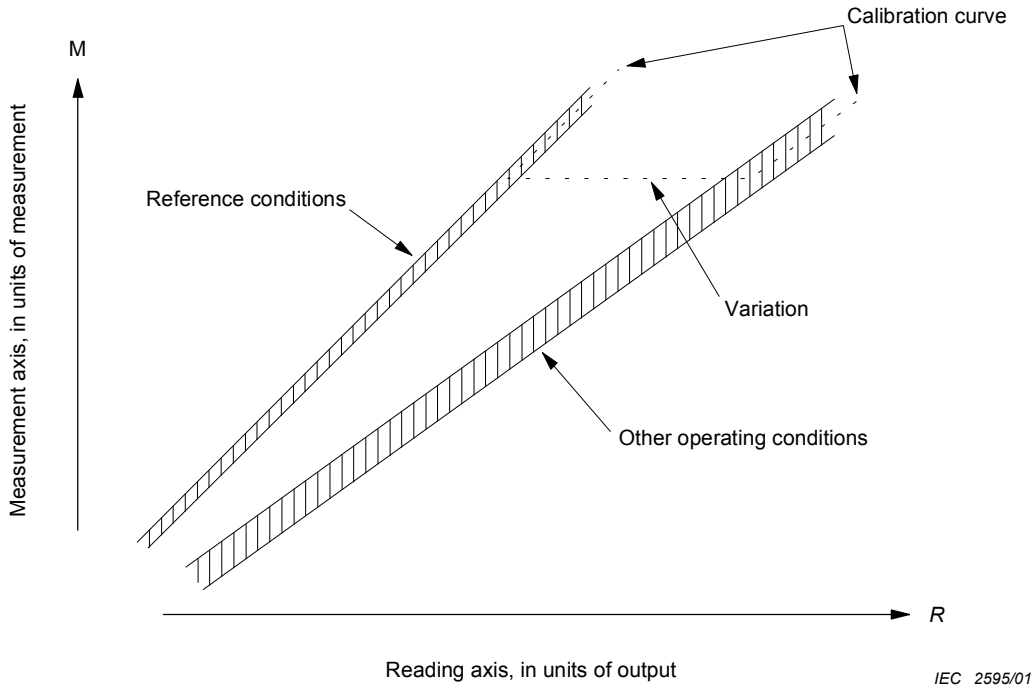
Figure 3 – Diagramme d'étalonnage dans différentes conditions de fonctionnement

Lorsque les conditions d'utilisation permettent à deux ou plusieurs grandeurs d'influence de prendre simultanément des valeurs hors de la plage de référence, la situation est plus compliquée, car on ne doit pas s'attendre, en principe, à ce que les effets de plusieurs grandeurs d'influence obéissent à de simples règles de somme ou se plient à une combinaison statistique. On peut toutefois trouver, par des essais ou par expérience, la combinaison de valeurs nominales des grandeurs d'influence donnant la plus grande variation globale dans l'un et l'autre sens, et utiliser ces deux conditions de fonctionnement extrêmes comme dans la figure 4 pour déterminer ou vérifier la limite d'un diagramme d'étalonnage valable pour les conditions de fonctionnement nominales.

6.3 Si une norme CEI de produit concernant le matériel fait mention de «limites d'erreur maximale», la limite de l'incertitude d'un ensemble donné de conditions de fonctionnement doit être spécifiée en conformité avec elle. La spécification devra être libellée en termes d'incertitude, d'après le diagramme d'étalonnage construit sur la base des limites d'erreur définies par la norme, en prêtant toute l'attention voulue à la façon dont «l'erreur maximale» est définie.

NOTE En pratique, pour les appareils dont l'échelle est graduée en unités de mesure, étant donné que les diagrammes d'étalonnage sont habituellement d'étroites bandes dont les limites sont parallèles ou lentement divergentes, et pour lesquels il est difficile de définir l'incertitude avec une meilleure précision que 5 %, les limites d'erreur maximale et les limites de l'incertitude sont exprimées par le même nombre (si elles renvoient, bien entendu, à la même ambiance statistique).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



M = axis of the measure-values, in units of measurement

R = axis of the indications, in units of output

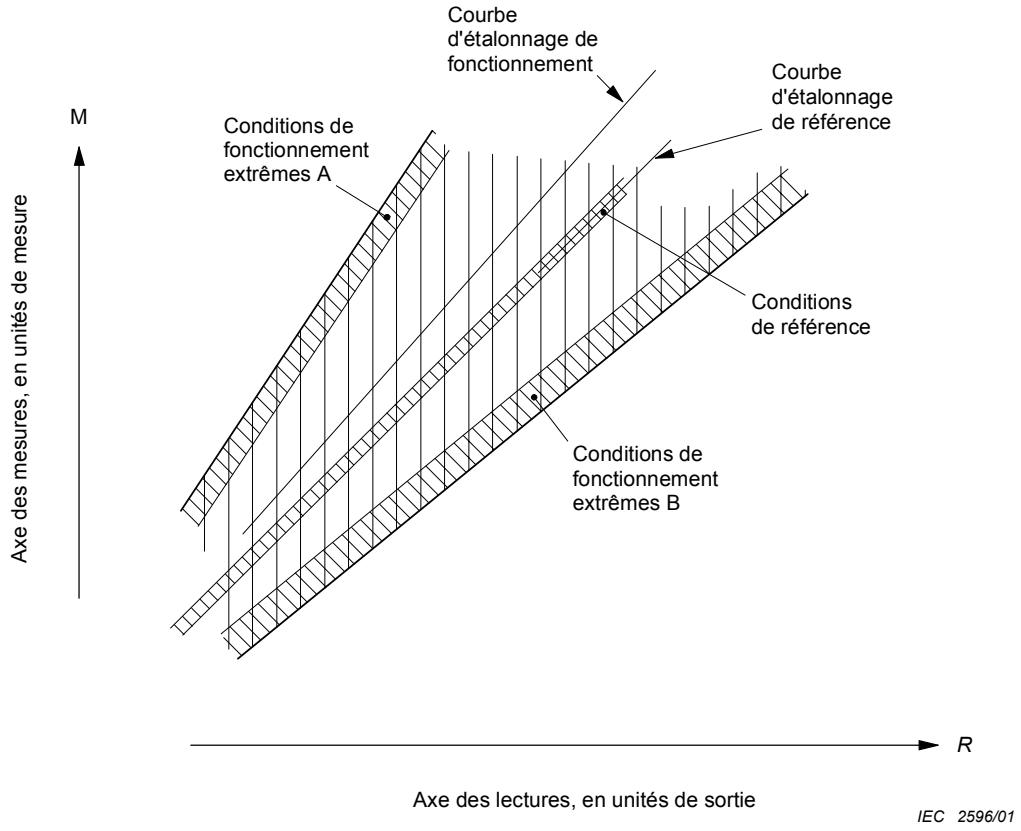
Figure 3 – Calibration diagram in different operating conditions

When the operating conditions allow for two or more influence quantities to assume simultaneously values outside the reference range, the situation is more complicate because the effects of the several influence quantities cannot be expected, in principle, to obey simple sum rules or to combine statistically. One can however find out, by experiment or through experience, the combination of rated values of the influence quantities that yields the highest overall variation in either direction, and use these two extreme operating conditions as in Figure 4 to determine or verify the boundary of a calibration diagram valid for the rated operating conditions.

6.3 If there is an IEC product standard which relates to the equipment, written in terms of "limits of maximum error", the limit of uncertainty for any given set of operating conditions shall be specified in accordance with that standard. The specification shall be drafted in terms of the uncertainty resulting from the calibration diagram constructed on the basis of the limits of error set by the standard, paying due attention to the way the "maximum error" is defined.

NOTE In practice, for instruments with the scale marked in units of measurement, since the calibration diagrams are usually narrow strips with parallel or slowly divergent boundaries and the uncertainty can hardly be defined at better than 5 %, limits of maximum error and limits of uncertainty are expressed by the same number (if, of course, they refer to the same statistical ambience).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



M = axe des valeurs de mesure, en unités de mesure

R = axe des indications, en unités de sortie

Figure 4 – Diagramme d'étalonnage pour des conditions de fonctionnement étendues

6.4 Pour tous les autres matériels, la spécification des limites de l'incertitude peut donner un ou plusieurs types d'information différents, décrits dans les paragraphes suivants.

Ces paragraphes offrent le choix entre différentes spécifications pour les conditions de fonctionnement permises, avec différents niveaux des informations nécessaires à un étalonnage fiable.

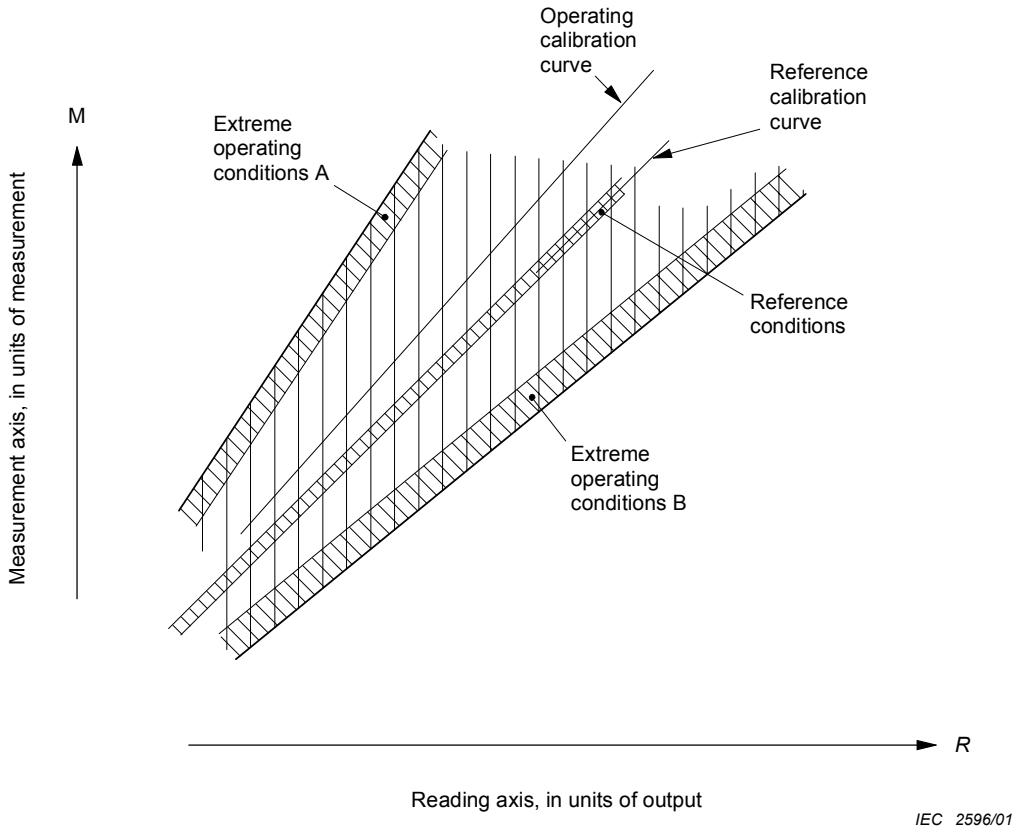
6.4.1 Limites d'incertitude instrumentale intrinsèque

Cette option spécifie les limites d'incertitude instrumentale intrinsèque par rapport aux seules conditions de référence.

Le diagramme d'étalonnage n'existe que pour les conditions de référence.

Cette option est celle qui demande le moins de travail d'étalonnage, mais qui impose également les limites les plus étroites aux conditions d'utilisation, étant donné que l'appareil n'est supposé être utilisé que dans l'étroite plage de référence. La spécification des limites de l'incertitude est par conséquent très rarement limitée à ce paragraphe, bien que cette option puisse être choisie pour les appareils de laboratoire destinés exclusivement à l'étalonnage.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



M = axis of the measure-values, in units of measurement

R = axis of the indications, in units of output

Figure 4 – Calibration diagram for extended operating conditions

6.4 For all other equipment, the specification of limits of uncertainty may give one or more of several types of information, described in the following subclauses.

The subclauses offer a choice between different specifications for the allowed operating conditions with different amounts of the information needed to supply a trustworthy calibration.

6.4.1 Limits of intrinsic instrumental uncertainty

This option specifies limits of intrinsic instrumental uncertainty only with respect to the reference conditions.

The calibration diagram exists only for the reference conditions.

This option calls for the lowest amount of calibration work, but imposes the narrowest limits to the operating conditions, as the instrument is supposed to be operated only in the narrow reference range. Therefore the specification of limits of uncertainty is very seldom limited to this subclause, though it might be used for laboratory instruments meant only for calibration purposes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.4.2 Limites d'incertitude instrumentale intrinsèque avec variations pour une grandeur d'influence unique

Cette option spécifie les limites d'incertitude instrumentale intrinsèque par rapport à des conditions de référence, et les variations par rapport à des conditions de fonctionnement nominales pour des grandeurs d'influence uniques.

Cette option permet d'utiliser l'appareil avec *une seule* grandeur d'influence hors de la plage de référence, alors que toutes les autres conditions de fonctionnement restent au sein de leur plage de référence.

En principe, les spécifications doivent être établies de façon à permettre la construction d'un diagramme d'étalonnage tel que celui de la Figure 3 pour une valeur quelconque de la grandeur d'influence variant au sein de la plage de fonctionnement. Les valeurs de la grandeur d'influence pour laquelle les variations sont déterminées doivent avoir la même tolérance que sa valeur de référence. Si l'incertitude de la mesure obtenue avec la grandeur d'influence variant est plus large que l'incertitude instrumentale intrinsèque, sa dimension supérieure doit être spécifiée. L'incertitude plus large attribuée au diagramme d'étalonnage décalé prend en compte l'incertitude avec laquelle la variation elle-même est spécifiée, et la tolérance que l'utilisateur est tenu de respecter en mesurant la grandeur d'influence concernée.

L'utilisateur peut exploiter les informations tirées de cette spécification de deux façons différentes:

a) s'il connaît la valeur de la grandeur d'influence à laquelle il travaille avec la tolérance spécifiée, il peut appliquer la variation comme correction de la valeur lue, et calculer le résultat de la mesure avec une incertitude égale à la limite d'incertitude intrinsèque, ou à la dimension plus large spécifiée pour la mesure à la valeur variant de la grandeur d'influence.

b) s'il ne sait pas à quelle valeur de la grandeur d'influence il travaille, mais seulement qu'elle se trouve dans une plage donnée, il peut utiliser les variations des limites inférieure et supérieure de la plage pour construire un diagramme d'étalonnage comme celui de la figure 4, à partir duquel calculer le résultat de la mesure.

NOTE 1 Dans le cas b), la variation sert à définir une limite d'incertitude instrumentale en fonctionnement comme celle abordée en 6.4.4, avec une plage d'utilisation pour la grandeur d'influence personnalisée à partir des données de l'utilisateur. Pour les appareils dont l'échelle est graduée en unités de mesure, c'est-à-dire dont les diagrammes d'étalonnage sont ceux de la Figure 2, l'incertitude sera de l'ordre de l'incertitude intrinsèque, plus la plage correspondant à la variation extrême, mais il convient d'être prudent pour la calculer, notamment si la plage de fonctionnement de la grandeur d'influence est asymétrique par rapport à la plage de référence: il est nécessaire de se référer au diagramme, car les variations sont des segments parallèles à l'axe R, tandis que l'incertitude est donnée par les segments parallèles à l'axe M.

NOTE 2 Cette option peut convenir lorsqu'une grandeur d'influence est dominante par rapport aux autres.

6.4.3 Limites d'incertitude instrumentale intrinsèque avec variations pour plusieurs grandeurs d'influence

Cette option spécifie les limites d'incertitude instrumentale intrinsèque par rapport aux conditions de référence, et les variations par rapport aux conditions de fonctionnement nominales pour plusieurs grandeurs d'influence.

Elle permet d'utiliser l'appareil avec *plus d'une* grandeur d'influence hors de la plage de référence alors que toutes les autres conditions de fonctionnement restent au sein de leur plage de référence, *si* l'on sait de quelle façon se combinent les effets des différentes grandeurs d'influence. Elle peut être employée lorsque les effets se combinent selon des lois très simples, linéairement par exemple.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.4.2 Limits of intrinsic instrumental uncertainty with variations for a single influence quantity

This option specifies limits of intrinsic instrumental uncertainty with respect to reference conditions and specifies the variations with respect to rated operating conditions for single influence quantities.

This option allows to operate the instrument with *one* influence quantity outside the reference range while all other operating conditions are contained within their reference range.

In principle the specifications shall be drawn in such a way as to allow the construction of a calibration diagram like that in Figure 3 for any value of the variated influence quantity within the operating range. The values of the influence quantity for which the variations are determined shall have the same tolerance as its reference value. If the uncertainty of the measurement obtained with the variated influence quantity is wider than the intrinsic instrumental uncertainty, its wider size shall be specified. The wider uncertainty assigned to the shifted calibration diagram takes into account the uncertainty with which the variation itself is specified, and the tolerance that the user is expected to respect in measuring the competent influence quantity.

The information brought about by this specification may be utilized by the user in two different ways:

a) if the user knows the value of the influence quantity at which he is operating, with the specified tolerance, he may use the variation as a correction of the reading-value, and compute the result of the measurement with uncertainty equal to the limit of intrinsic uncertainty, or to the wider size specified for measurement at variated value of the influence quantity;

b) if the user does not know at which value of the influence quantity he is operating, but only that it lays within a given range, he may use the variations for the lower and upper limit of the range for constructing a calibration diagram like the one in Figure 4 from which to compute the result of the measurement.

NOTE 1 In case b) the variation is used to define a limit of operating instrumental uncertainty as considered below in 6.4.4, with an operating range for the influence quantity customized on the basis of the user's data. For instruments with scale marks in units of measurement, i.e. with calibration diagrams as in Figure 2, the uncertainty will be of the order of the intrinsic uncertainty plus the range correspondent to the extreme variation, but care must be taken in computing it, especially if the operating range of the influence quantity is asymmetrical with respect to the reference range: one has to refer to the diagram because the variations are segments parallel to the R-axis while the uncertainty is given by segments parallel to the M-axis.

NOTE 2 This option may be convenient when one influence quantity is dominant with respect to the others.

6.4.3 Limits of intrinsic instrumental uncertainty with variations for several influence quantities

This option specifies limits of intrinsic instrumental uncertainty with respect to reference conditions and specifies the variations with respect to rated operating conditions for several influence quantities.

This option allows to operate the instrument with *more than one* influence quantity outside the reference range while all other operating conditions are contained within their reference range, *if* one knows the way in which the effects of the different influence quantities are compounded. It may be used when the effects combine with very simple laws, e.g. linearly.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les spécifications doivent être établies dans les conditions exposées en 6.4.2, avec des déclarations explicites et sans ambiguïté sur la façon de combiner les différentes variations. Ces informations peuvent être employées comme en 6.4.2 ci-dessus.

6.4.4 Limites d'incertitude instrumentale en fonctionnement pour grandeurs d'influence uniques

Cette option spécifie les limites d'incertitude instrumentale intrinsèque par rapport aux conditions de référence et également les limites d'incertitude instrumentale en fonctionnement par rapport aux conditions de fonctionnement nominales pour *une seule* grandeur d'influence.

NOTE La limite d'incertitude instrumentale en fonctionnement s'obtient généralement à partir des variations correspondant aux limites inférieure et supérieure de la plage de fonctionnement nominale, en construisant un diagramme d'étalonnage comme celui de la figure 4. Les observations applicables sont les mêmes qu'en 6.4.2.

6.4.5 Limites d'incertitude instrumentale en fonctionnement

Cette option spécifie les limites d'incertitude instrumentale intrinsèque par rapport aux conditions de référence, et les limites d'incertitude instrumentale en fonctionnement par rapport aux conditions de fonctionnement nominales pour toutes les grandeurs d'influence.

C'est elle qui autorise les conditions de fonctionnement les plus larges, mais qui demande également le plus gros travail d'étalonnage dans la mesure où il est en principe recommandé de vérifier la validité du diagramme d'étalonnage pour toute combinaison de valeurs des différentes grandeurs d'influence au sein de leurs plages en fonctionnement.

Toutefois, en pratique, le travail d'étalonnage peut être nettement moindre en fonction de l'expérience accumulée sur les performances des appareils de mesure et sur les variations dues aux différentes grandeurs d'influence, qui peut permettre au constructeur de déterminer les pires combinaisons de grandeurs d'influence, c'est-à-dire celles qui causent le plus fort écart entre la valeur lue et la valeur lue dans les conditions de référence. Si l'on dispose de ces connaissances, il suffit d'effectuer une vérification de l'étalonnage sur seulement deux ensembles de conditions bien définis outre l'ensemble de référence (voire un seul en cas de symétrie).

NOTE 1 La limite d'incertitude instrumentale en fonctionnement peut être obtenue à partir d'une combinaison des variations correspondant aux limites inférieure et supérieure des plages de fonctionnement nominales des différentes grandeurs d'influence *si* la loi de combinaison de leurs effets est connue. En pratique, il est plus facile de déterminer la combinaison de valeurs susceptible de produire la plus grande variation globale qu'une loi de combinaison des variations valable sur toute leur plage de fonctionnement.

NOTE 2 Lorsque la limite d'incertitude instrumentale en fonctionnement est fournie, l'utilisateur n'est pas tellement concerné par la limite d'incertitude instrumentale intrinsèque, à moins qu'il n'envisage d'utiliser l'appareil à la fois sur le terrain et au laboratoire, ce qui est des plus improbables. Si l'on omet l'étape de spécification de l'incertitude instrumentale intrinsèque, le travail d'étalonnage s'en trouve réduit d'autant.

NOTE 3 La limite d'incertitude instrumentale en fonctionnement peut, si cela est utile, être spécifiée pour différents ensembles de plages de fonctionnement: il est par exemple possible de spécifier qu'une limite donnée est valable pour une plage de température (de T'_a à T''_a) et une plage de pression (de P'_a à P''_a), ou pour une autre plage de température (de T'_b à T''_b) < (T'_a à T''_a) si la plage de pression est (P'_b à P''_b) > (P'_a à P''_a).

6.5 Il est possible d'indiquer plusieurs limites d'incertitude instrumentale par rapport à plusieurs ensembles déclarés de conditions de fonctionnement nominales.

6.6 Les limites de l'incertitude peuvent être spécifiées en termes absolus, relatifs ou fiduciaires. Dans certains cas, la limite peut également être exprimée par la somme d'un terme absolu, et d'un autre terme, relatif ou fiduciaire. La valeur par rapport à laquelle un terme fiduciaire est défini doit être clairement indiquée. Cette même valeur doit être employée si plus d'une limite est spécifiée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The specifications shall be drawn with the same conditions expounded above in 6.4.2, with explicit, unambiguous statements on the way the several variations are to be combined. The information may be utilized as above in 6.4.2.

6.4.4 Limits of operating instrumental uncertainty for single influence quantities

This option specifies limits of intrinsic instrumental uncertainty with respect to reference conditions and also specifies limits of operating instrumental uncertainty with respect to rated operating conditions for *one* influence quantity.

NOTE The limit of operating instrumental uncertainty is usually obtained from the variations correspondent to the lower and upper limits of the rated operating range, by constructing a calibration diagram like the one in Figure 4. The same observations apply as in the notes to 6.4.2.

6.4.5 Limits of operating instrumental uncertainty

This option specifies limits of intrinsic instrumental uncertainty with respect to reference conditions and specifies limits of operating instrumental uncertainty with respect to the rated operating conditions for all influence quantities.

This option allows the widest operating conditions but calls for the highest amount of calibration work, as in principle the validity of the calibration diagram should be checked for any combination of values of the several influence quantities within their operating ranges.

However in practice the actual calibration work may be much lower, because the experience accumulated on the performance of measuring instruments and on the variations due to the several influence quantities may allow the manufacturer to determine which are the worst combinations of influence quantities, i.e. those combinations which cause the reading-value to be the farthest away from the reading-value in reference conditions. If such a knowledge is available, then it is matter of carrying out a verification of calibration in just two well-defined sets of conditions beside the reference set (or even one if symmetry obtains).

NOTE 1 The limit of operating instrumental uncertainty may be obtained from a combination of the variations correspondent to the lower and upper limits of the rated operating ranges of the several influence quantities *if* the law of combination of their effects is known. In practice it is easier to determine the combination of values likely to produce the bigger overall variation than to determine a combination law for the variation valid all over their operating range.

NOTE 2 When the limit of operating instrumental uncertainty is given, the user is not much concerned with the limit of intrinsic instrumental uncertainty, unless it is planned to use the instrument both for field work and laboratory work, which is most unlikely. If the specification of the intrinsic instrumental uncertainty is skipped, the calibration work is correspondingly reduced.

NOTE 3 The limit of operating instrumental uncertainty may be specified, if convenient, for different sets of operating ranges: for instance, one may specify that a given limit is valid for a temperature range (T'_a to T''_a) and a pressure range (P'_a to P''_a), or for another temperature range (T'_b to T''_b) < (T'_a to T''_a) if the pressure range is (P'_b to P''_b) > (P'_a to P''_a).

6.5 Several limits of instrumental uncertainty may be stated with respect to several stated sets of rated operating conditions.

6.6 The limits of uncertainty may be specified in absolute, relative, or fiducial terms. In some cases the limit may also be expressed as the sum of an absolute term and a relative or fiducial one. The value to which a fiducial term is referred shall be clearly stated. That same value shall be used when more than one limit is specified.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.7 Pour l'utilisateur d'un appareil, l'incertitude de l'appareil est une incertitude importée, due au constructeur ou à l'étalonnage de l'appareil, qu'il convient de considérer comme une composante de l'incertitude de catégorie B (voir Introduction). La définition d'une limite de l'incertitude doit donc être accompagnée de toutes les informations pertinentes sur la méthode utilisée pour sa détermination, afin que l'utilisateur puisse l'utiliser au mieux pour évaluer l'incertitude des mesures effectuées. Si la limite de l'incertitude est déterminée en vérifiant la conformité à un diagramme d'étalonnage prédéfini, ce qui est le plus souvent le cas, l'utilisateur n'a pas réellement d'autre choix que de prendre pour hypothèse que la combinaison de cette incertitude avec les autres est quadratique. Cependant, si la limite est évaluée par une inférence statistique, ce qui peut être le cas pour l'incertitude intrinsèque de l'appareil seule ou avec des variations uniques, alors des informations appropriées sur la distribution statistique permettront à l'utilisateur une meilleure évaluation de l'incertitude des mesures effectuées.

7 Spécification des grandeurs d'influence

La spécification des grandeurs d'influence est un facteur essentiel de l'évaluation et de l'expression des performances d'un appareil de mesure.

7.1 Plus les performances attendues d'un appareil sont élevées, plus la détermination des grandeurs d'influence et des autres conditions de fonctionnement prend d'importance. D'un autre côté, plus la spécification des conditions d'utilisation est détaillée et rigoureuse, plus le champ d'utilisation de l'appareil rétrécit. Il existe une sorte de corrélation inverse entre la classe d'exactitude d'un appareil et son groupe d'utilisation. Les progrès accomplis par l'instrumentation portent non seulement sur l'amélioration de la précision des appareils de laboratoire, utilisés dans des conditions de fonctionnement étroitement contrôlées, mais aussi sur l'élargissement des possibilités de mesure à des conditions de fonctionnement plus rudes et plus agressives et sur l'amélioration de la précision des appareils destinés à des groupes d'utilisation plus large.

7.2 Il convient que les spécifications des performances d'un appareil de mesure donnent la liste de toutes les grandeurs d'influence pertinentes et leur plage autorisée. Est une grandeur d'influence pertinente toute grandeur appartenant à l'environnement, au système mesuré, ou au matériel de mesure, dont la variation au sein de sa plage spécifiée a un effet non négligeable sur la relation entre l'indication et la valeur de mesure (voir 3.1.14). Il s'ensuit que la spécification d'une plage est implicite, même dans une déclaration selon laquelle une certaine grandeur n'est pas une grandeur d'influence pertinente. En fait, l'absence, dans la liste des grandeurs d'influence d'un appareil donné, d'une référence à la pression atmosphérique ne signifie pas par elle-même que l'appareil peut être utilisé dans une chambre à vide poussé. Elle signifie seulement qu'aucun effet notable ne se manifeste sur la plage habituelle de variation de la pression atmosphérique, ce qui implique une entente sur la plage de valeurs que l'on peut considérer comme «habituelle». La classification des plages habituelles des grandeurs d'influence potentielles dans les *groupes d'utilisation* est utile pour éviter des listes de spécifications longues, incohérentes, et répétitives pour les grandeurs d'influence.

Pour la spécification des grandeurs d'influence et de leurs plages, les critères à indiquer sont indiqués dans les paragraphes qui suivent.

7.2.1 L'expression des performances d'un appareil de mesure doit comprendre soit l'indication du groupe d'utilisation autorisé, soit la liste complète des plages autorisées pour toute grandeur pouvant être liée à la mesure.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.7 For the utilizer of the instrument, the instrumental uncertainty is an imported uncertainty, supplied by the manufacturer or calibrator of the instrument, to be treated as a component of uncertainty of category B (see Introduction). The statement of a limit of uncertainty shall therefore be accompanied by all the relevant information on the method used in determining it, in order to allow the utilizer to use it at best in assessing the uncertainty of his measurements. If the limit of uncertainty is determined by verifying compliance with a predefined calibration diagram, as more often is the case, the utilizer has no real choice other than assuming for it a rectangular distribution in combining its uncertainty with other ones. If however the limit is assessed by statistical inference, as the case may be for the intrinsic instrumental uncertainty alone or with single variations, then a suitable information on the statistical distribution will allow the utilizer a better assessment of the uncertainty of his measurements.

7 Specification of influence quantities

The specification of influence quantities is a key factor in evaluating and expressing the performance of a measuring instrument.

7.1 The higher the performance required of an instrument, the more critical is the determination of the influence quantities and the other operating conditions. On the other hand, the more detailed and stringent is the specification of the operating conditions, the narrower is the field of usage of the instrument. A sort of inverse correlation exists between the accuracy class of an instrument and its usage group. The progress in instrumentation consists not only in improving the accuracy of instruments for laboratory usage in closely controlled operating conditions, but also in extending the possibility of measurement to tougher and rougher operating conditions and improving the accuracy of instruments designed for wider usage groups.

7.2 The specifications on the performance of a measuring instrument should list all the pertinent influence quantities and their allowed range. A pertinent influence quantity is any quantity belonging to the environment, the measured system, or the measuring equipment, whose variation within its specified range has a non negligible effect on the relationship between the indication and the measure-value (see 3.1.14). It follows that a specification of range is implied even in the statement that a certain quantity is not a pertinent influence quantity. Indeed, for instance, the absence of air pressure from the list of influence quantitites for a given instrument does not mean by itself that the instrument may be operated inside a high-vacuum jar: it only means that no significant effects occur within the usual range of variation of the air pressure, which implies an agreement on which range of values may be considered as "usual". The classification of usual ranges of potential influence quantities in *usage groups* is a useful means for avoiding long, incoherent, repetitive lists of specifications for influence quantities.

For the specification of the influence quantities and their ranges the following criteria are indicated.

7.2.1 The expression of the performance of a measuring instrument shall include a statement about the usage group allowed for the instrument, or a complete list of the allowed ranges for any quantity that may be related to the measurement.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2.2 En l'absence d'une classification en groupes d'utilisation fournie par des normes spécifiques, les groupes d'utilisation suivants doivent être mentionnés, avec leurs plages nominales d'utilisation et leurs plages de limites:

Groupe I pour utilisation en intérieur et dans les conditions normalement rencontrées dans les laboratoires et les usines, et où les appareils sont manipulés avec précaution.

Groupe II pour utilisation dans les environnements protégés des conditions extrêmes, et où les conditions de manipulation se situent entre celles des groupes I et III.

Groupe III pour utilisation en extérieur, et dans des endroits où les appareils peuvent être soumis à des manipulations brutales.

7.2.3 Pour spécifier les conditions de référence, on utilisera de préférence les plages de référence de température, d'humidité relative et de pression atmosphérique de la CEI 60851-5.

7.2.4 Une grandeur d'influence potentielle est considérée comme ayant un effet négligeable si les variations associées à ses valeurs aux extrêmes de sa plage de fonctionnement nominale sont inférieures à 10 % de l'incertitude intrinsèque, ou à la composante de l'incertitude due à la quantification des valeurs lues (voir 3.1.12, note 3). Dans les autres cas, elle sera traitée comme une grandeur d'influence, et ses effets seront spécifiés de l'une des façons exposées en 6.4.

7.3 Le temps doit être traité comme une grandeur d'influence de deux points de vue:

a) la *dérive* de certaines caractéristiques de performances: la façon dont elle est prise en compte doit être exposée dans les normes spécifiques;
b) l'*âge* du diagramme d'étalonnage: le temps pendant lequel un diagramme d'étalonnage peut rester valable après la dernière vérification de l'étalonnage, et en quoi cette durée de validité peut être liée à l'âge de l'appareil lui-même, sont des sujets très débattus, et qui n'ont pas encore reçu de réponse normative. Les définitions des caractéristiques de performances sont libellées de telle sorte que ces caractéristiques sont réputées, une fois définies, valables pour une durée indéfinie, mais personne ne s'attend à les voir durer éternellement.

7.4 La tendance, dans l'instrumentation moderne, s'oriente vers les appareils multi-capteurs capables de mesurer les grandeurs d'influence, avec logiciels intégrés capables de corriger leur influence. Dans ce type d'appareil, la façon dont sont traitées les grandeurs d'influence dépend beaucoup de la conception du logiciel. Pour le programmeur, les variations associées aux valeurs des grandeurs d'influence hors de leur plage de référence doivent être déterminées lors de procédures d'étalonnage, et être introduites comme paramètres d'élaboration du signal donnant l'indication finalement affichée (voir 6.4.2). Pour l'utilisateur, en revanche, ces mêmes grandeurs ne sont même plus à considérer comme grandeurs d'influence, puisque leur conformité à la plage autorisée est automatiquement vérifiée, et leur influence automatiquement compensée: elles n'affectent plus la relation entre indication et valeur de mesure, puisque l'indication est ajustée au sein de la limite nominale de l'incertitude. Il suffit de décider si la vérification de l'étalonnage inclut ou non le logiciel. Une bonne compréhension des effets des grandeurs d'influence est nécessaire pour déterminer si un paramétrage du logiciel par l'utilisateur est possible.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2.2 In absence of classifications into usage groups offered by specific standards, reference shall be made to the following usage groups with their rated ranges of use and limit ranges as thereby specified:

Group I for indoor use and under conditions which are normally found in laboratories and factories and where apparatus will be handled carefully;

Group II for use in environments having protection from full extremes of environment and under conditions of handling between those of groups I and III;

Group III for outdoor use and in areas where the apparatus may be subjected to rough handling.

7.2.3 In specifying reference conditions the reference ranges for temperature, relative humidity and air pressure should preferably be taken from IEC 60851-5.

7.2.4 A potential influence quantity is considered to have a negligible effect if the variations associated with its values at the extremes of its rated operating range are lower than 10 % of the intrinsic uncertainty, or lower than the component of uncertainty due to the quantization of the reading-values (see 3.1.12, note 3). Otherwise it shall be treated as an influence quantity and its effects specified in one of the ways expounded in 6.4.

7.3 Time should be treated as an influence quantity under two aspects:

a) the *drift* of certain performance characteristics: the ways of accounting for the drift have to be expounded in specific standards;

b) the *age* of the calibration diagram: how long a calibration diagram is expected to remain valid after the last verification of calibration, and how this period of validity may be related to the age of the instrument itself, is a much debated issue that has not yet received normative answers. The definitions on the performance characteristics are so worded as to imply that such characteristics are valid for an indefinite period of time once they have been determined, though no one really expects them to last forever.

7.4 The trend in modern instrumentation is toward multi-sensor equipment able to measure the influence quantities and built-in microprocessor software able to correct for their influence. In such a type of instrumentation the way of treating the influence quantities depends very much on how the software is addressed. For the programmer of the software the variations associated with the values of the influence quantities outside their reference range shall be determined in the calibration procedures and introduced as parameters for the elaboration of the signal into the indication finally displayed (see 6.4.2). For the user, instead, the same quantities are no longer even to be considered as influence quantities because their compliance with the allowed range is automatically checked and their influence automatically corrected: they no longer affect the relation between indication and measure-value because the indication is adjusted within the rated limit of uncertainty. It is all a matter of deciding whether the verification of calibration includes the software or not. A good understanding of the effects of the influence quantities is in order if user adjustments of the software are possible.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8 Règles générales des essais de conformité

Les essais de conformité consistent à vérifier que les indications fournies sur les mesurandes connus restent dans la plage prescrite par le diagramme d'étalonnage, afin de prouver que les valeurs indiquées sont conformes aux limites spécifiées de l'incertitude.

Les prescriptions de la présente norme s'appliquent à la fois aux essais de type (effectués sur un seul ou sur quelques spécimens d'un type d'appareil) et aux essais de routine (effectués sur chaque spécimen).

Les méthodes d'essais des normes CEI spécifiques applicables doivent être employées.

Seules les valeurs possédant des limites spécifiées peuvent être considérées comme assujetties aux essais. Les valeurs n'en possédant pas ne sont données qu'à titre informatif, et ne peuvent pas faire l'objet d'essais de conformité.

Si des limites sont spécifiées, les essais de conformité doivent être effectués dans les conditions indiquées dans les normes correspondant aux différents types d'appareils.

Lors de la vérification de l'étalonnage, les conditions d'utilisation doivent rester au sein de la plage pour laquelle le diagramme d'étalonnage a été défini. La vérification de l'étalonnage doit de préférence être effectuée avec des mesurandes d'essai connus, et d'une incertitude négligeable par rapport à l'incertitude attribuée à l'appareil par le diagramme d'étalonnage. Si cela n'est pas possible, et à moins que les normes spécifiques applicables n'en disposent autrement, la vérification peut être considérée comme positive si le résultat de la mesure fourni par l'appareil en cours de vérification est compatible avec la valeur et l'incertitude du mesurande d'essai, avec le coefficient de corrélation approprié. Si la vérification de l'étalonnage donne un résultat négatif, il convient de réétalonner l'appareil.

Il peut être intéressant de souligner le fait qu'un réglage ne remplace pas un étalonnage ou une vérification de l'étalonnage. Au contraire, après tout réglage, il est recommandé d'effectuer une vérification de l'étalonnage, à moins qu'il ne s'agisse de réglages de routine, effectués selon des procédures éprouvées dans les conditions d'utilisation pour lesquelles le diagramme d'étalonnage est valable.

Le mesurande utilisé pour le réglage doit avoir une incertitude négligeable par rapport à celle de l'appareil.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8 General rules for compliance testing

Compliance testing consists of verifying whether the indications supplied in correspondence with known measurands stay within the range prescribed by the calibration diagram to prove that the indicated values comply with the specified limits of uncertainty.

The requirements covered by this standard apply to both type testing (carried out on one or a few specimens of a type of instrument) and routine testing (carried out on each specimen).

When relevant, the test methods of specific IEC standards shall be used.

Only values with specified limits can be considered subject to testing. Values given without limits are just for general information, and cannot be the object of compliance testing.

If limits are specified, compliance tests shall be carried out under the conditions indicated in the pertinent standards issued for the several kinds of instruments.

In the verification of calibration the operating conditions shall stay within the range for which the calibration diagram was defined. The verification of calibration should be carried out with test measurands known and with uncertainty negligible with respect to the uncertainty assigned to the instrument by the calibration diagram. If this is not possible, and pertinent specific standards do not specify otherwise, the verification may be considered positive if the result of the measurement yielded by the instrument under verification is compatible with the value and uncertainty of the test measurand, with the appropriate correlation coefficient. If the verification of calibration yields a negative result a new calibration of the instrument should be performed.

It may be worth pointing out that an adjustment is no substitute for a calibration or verification of calibration. Rather, after any adjustment a verification of calibration should be performed, unless it is matter of routine adjustments according to procedures fully accounted for under the operating conditions for which the calibration diagram is valid.

The measurand used for the adjustment should be known with uncertainty negligible with respect to the uncertainty of the instrument.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe A
(informative)

Evolution conceptuelle et terminologique de «l'erreur» à «l'incertitude»

L'évolution qui a conduit du concept d'erreur à celui d'incertitude pour l'évaluation des résultats des mesures a entraîné certains réajustements de la terminologie métrologique qui justifient quelques commentaires afin d'éviter tout malentendu chez les personnes encore accoutumées à l'approche traditionnelle. Cette évolution est due à l'inadéquation des termes de «valeur vraie» et «d'erreur», laquelle est devenue de plus en plus manifeste au fil des progrès de l'instrumentation moderne, qui repose en grande partie sur l'élaboration automatique de signaux à l'intérieur de l'appareil.

Dans l'approche traditionnelle, le mesurande est supposé être représenté par sa valeur vraie, nombre réel unique lié à l'unité de mesure, mais l'appareil est incapable de fournir cette valeur vraie, et il indique une valeur qui en diffère par une «erreur» additive, à composantes «aléatoire» et «systématique». La valeur vraie n'est, elle, jamais connue, et l'erreur reste donc, elle aussi, indéterminée: le mieux que l'on puisse faire est de lui trouver par estimation une limite, une «erreur maximale», en deçà de laquelle la véritable erreur est censée se trouver, et d'estimer ensuite un intervalle de valeurs au sein duquel la valeur «vraie» devrait se situer. En pratique cet intervalle ne pouvait pas être défini par référence à une valeur vraie connue, mais seulement par la compatibilité des mesures, c'est-à-dire par le fait qu'elles «restaient en deçà de l'erreur» (sous-entendant l'erreur maximale). De surcroît, comme l'on faisait une claire distinction entre la «précision» et «l'exactitude», représentant respectivement l'aptitude à réduire les erreurs aléatoires et systématiques, il n'existait pas de terme pour décrire les performances globales d'un appareil ou d'une mesure. Le monde de la métrologie opérationnelle a par conséquent commencé à raisonner en termes «d'incertitude», par laquelle il entend la largeur d'un ensemble de valeurs représentatif, garantissant la compatibilité des mesures.

La recommandation CIPM de 1980 a surmonté le problème des erreurs aléatoires et systématiques, pour lequel il n'était pas possible de donner une règle de sommation, en suggérant de classer les composantes de l'incertitude en deux catégories: celles qu'il était possible de réduire par une augmentation du nombre des mesures (catégorie A) et celles qui ne le permettaient pas (catégorie B). Le GUM a suivi, en analysant la façon de combiner plusieurs composantes, et a donné une définition de l'incertitude sans référence à la notion de valeur vraie (contextuellement critiquée).

Cette définition de l'incertitude (voir 3.1.4) impose le réajustement de plusieurs termes concernant l'étalonnage des appareils, en raison de la déclaration selon laquelle la possibilité d'attribuer raisonnablement à un mesurande une dispersion de valeurs rend obsolète les définitions traditionnelles qui traitent le résultat d'une mesure comme une valeur unique, et l'étalonnage comme une correction additive de la valeur indiquée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex A
(informative)

Conceptual and terminological evolution from "error" to "uncertainty"

The evolution from the concept of "error" to the concept of "uncertainty" for evaluating measurement results implied some readjustment of the basic metrological terminology, which is worth discussing in order to avoid misunderstandings in people still accustomed to the traditional approach. This evolution was due to the inadequacy of the traditional approach in terms of "true value" and "error", an inadequacy that came more and more to the fore with the development of modern instrumentation, strongly based on automatic elaboration of signals within the instrument.

In the traditional approach the measurand is supposed to be represented by its true value, a single real number tied to the unit of measurement, but the instrument is unable to yield this true value and indicates a value different from the true one by an additive "error" with "random" and "systematic" components. The true value however can never be known, hence also the error is indeterminate: the most one can do is to estimate a limit for it, a "maximum error" within which the actual error is supposed to lay, and thereafter estimate an interval of values within which the "true" one is expected to lay. In practice this interval could not be assessed by reference to the unknown "true value", but by the compatibility of the measurements, i.e. by their "staying within the error" (meaning the "maximum error"). Moreover, as a clear distinction was made between "precision" and "accuracy", meant as the ability to have small random and systematic errors respectively, there was no term to describe the overall performance of an instrument or a measurement. Therefore the operative measurement world began to reason in terms of "uncertainty", meaning with this term a representative width of a set of values ensuring measurement compatibility.

The CIPM Recommendation of 1980 overcame the traditional distinction between "random" and "systematic" errors, for which no sum rule could be given, by suggesting to classify the components of uncertainty into those that could be reduced by increasing the number of measurements (category A) and those that could not (category B). The GUM followed suit, analyzing how to combine several components, and gave a definition of uncertainty without reference to the notion of true value (contextually criticized).

This definition of uncertainty (see 3.1.4) calls for a readjustment of several terms concerning the calibration of instruments, because the statement that to a measurand can be reasonably attributed a dispersion of values makes obsolete the traditional definitions that treat the result of a measurement as a single value and the calibration as an additive correction of the indicated value.

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Pour commencer, la définition d'un «résultat de mesure», expression censée représenter le mesurande, doit être cohérente avec le fait qu'il est possible d'attribuer à ce dernier toute une dispersion de valeurs. C'est pourquoi la définition 3.1.2 parle d'un ensemble de valeurs, vu comme un intervalle, qui s'exprime adéquatement par son élément milieu et sa demi-largeur, respectivement appelés «valeur» et «incertitude». C'est l'incertitude qui détermine la taille de l'ensemble, l'élément milieu n'étant qu'un jalon commode auquel rattacher l'ensemble, et ne représentant pas mieux le mesurande que les autres éléments. C'est la totalité de l'ensemble qui représente le mesurande. Alors que, dans l'approche traditionnelle, l'erreur était un jugement prononcé a posteriori sur la validité de la valeur attribuée, l'incertitude est une composante intrinsèque du résultat: aucun résultat de mesure ne doit être exprimé sans son incertitude (laquelle peut être indiquée de façon conventionnelle dans le contexte). Si par exemple le courant traversant une résistance donnée est indiqué sous la forme 149 mA ± 1 mA, le mesurande est représenté par la totalité de l'ensemble allant de 148 mA à 150 mA; le milliampère est l'unité de mesure; 149 mA, élément central de l'ensemble, est la valeur de mesure, et ±1 mA, la demi-largeur de l'ensemble, est l'incertitude de la mesure.

Etant donné que le mesurande est décrit par la totalité d'un ensemble de valeurs, le passage de l'indication de l'appareil à cette description ne peut pas être traité en termes de «correction d'erreurs» de l'indication elle-même. De plus, les appareils modernes dépendent de plus en plus d'une élaboration sophistiquée des signaux à l'intérieur de l'appareil, et les appareils de mesure faisant partie d'une chaîne de contrôle ou de régulation ne présentent même pas d'indications lisibles sur une échelle. Une terminologie adaptée à tous les types d'appareils, et capable d'éviter les malentendus, doit faire une claire distinction entre la description de la sortie de l'appareil, c'est-à-dire l'indication (voir 3.1.5), et la description du mesurande, c'est-à-dire le résultat final de la mesure, incertitude comprise (voir 3.1.2): l'indication mène au résultat de mesure par l'étalonnage de l'appareil (voir 3.1.6 et 6.1).

Les informations tirées de l'étalonnage sont synthétisées sur le diagramme d'étalonnage (voir 3.1.7 et 6.1) par une bande, dans le plan coordonné, des valeurs lues et des valeurs de mesure. Une bande est nécessaire, parce qu'il faut savoir quelle valeur *et* quelle incertitude affecter à une indication quelconque – il ne s'agit pas seulement de «corriger» la valeur lue. La bande est représentée de façon adéquate par sa ligne milieu, la courbe d'étalonnage (voir 3.1.8 et 6.1), et sa demi-largeur, l'incertitude.

Exemples:

– Indication d'un ampèremètre à échelle à 100 divisions: 80 divisions. Le diagramme d'étalonnage de l'appareil indique qu'aux conditions de fonctionnement nominales (voir 3.3.13), il est possible avec cette indication de fournir un résultat de mesure (directe) de 8,0 A ± 0,1 A. Pour des raisons de commodité, il est possible de fournir cette information en graduant l'échelle en ampères (1 A pour 10 divisions) et par un indice de classe d'exactitude indiquant que l'incertitude est de ±1% de la valeur de pleine échelle (y compris l'incertitude de lecture). Ces graduations d'échelle ne sont toutefois qu'un raccourci vers la courbe d'étalonnage (voir 6.2), et elles ne veulent pas dire que l'appareil fournit une valeur en ampères, devant ensuite donner lieu à une correction des erreurs.
– Indication d'un transmetteur force-tension: 50 mV. Le diagramme d'étalonnage du transmetteur indique qu'aux conditions de fonctionnement nominales il est possible, avec cette indication, de fournir un résultat de mesure (directe) de force de 210 kN ± 4 kN. Cette information peut être fournie sous forme d'un tableau de correspondance entre indications et valeurs de mesure, avec les plages d'incertitude associées.
– Indication d'un appareil d'alerte de surchauffe: «activé» (c'est-à-dire voyant allumé). Le diagramme d'étalonnage de l'appareil indique qu'aux conditions de fonctionnement nominales, si le voyant est allumé, la température est supérieure à 90 °C ± 5 °C. Cette information peut figurer dans la notice de l'appareil. On notera que, dans une mesure de ce type, le mesurande n'est pas la température elle-même, mais deux classes de températures, à savoir au-dessus (= «activé») et en dessous (= «désactivé») du seuil, et que l'intervalle d'incertitude s'applique au seuil.

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

To begin with, the definition of "result of a measurement", meant as the expression representing the measurand, shall be consistent with the notion that a whole dispersion of values can be attributed to the measurand. Therefore definition 3.1.2 speaks of a set of values, seen as an interval, that is suitably expressed by its mid element and its half-width, referred to as "value" and "uncertainty". It is the uncertainty that determines the size of the set, and the mid element is just a convenient peg where to hang the set, and does not represent the measurand better than the other elements: it is the whole set that represents the measurand. While in the traditional approach the error was an a-posteriori judgement on the validity of the assigned value, the uncertainty is an intrinsic component of the result: no result of measurement should be expressed without the uncertainty (which can be indicated conventionally in the context). For example, the current flowing in a given resistor is given as 149 mA ± 1 mA: the measurand is represented by the whole set from 148 mA to 150 mA; the milliampere is the unit of measurement; 149 mA, the central element of the set, is the measure-value; ±1 mA, the half-width of the set, is the uncertainty of the measurement.

As the measurand is described by a whole set of values, the passage from the indication of the instrument to this description cannot be treated in terms of a "correction for errors" of the indication itself. Moreover, modern instrumentation depends ever more on sophisticated elaboration of signals inside the instrument, and the measuring instruments that are a part of automatic control or regulation chains do not even present indications readable on a scale. A terminology suited to all kinds of instruments and able to avoid misunderstandings shall distinguish clearly between the description of the output of the instrument, i.e. the indication (see 3.1.5), and the description of the measurand, i.e. the final result of the measurement that includes the uncertainty (see 3.1.2): the indication allows to know the measurement result through the calibration of the instrument (see 3.1.6 and 6.1).

The information brought in by the calibration is synthetically represented in the calibration diagram (see 3.1.7 and 6.1) by a strip in the coordinate plane of the reading-values and measure-values. A strip is needed because one has to know which value *and* uncertainty to assign in correspondence of any indication – it is not simply a matter of "correcting" the reading-value. The strip is suitably represented by giving its mid line, the calibration curve (see 3.1.8 and 6.1), and its half-width, the uncertainty.

Examples:

– Indication of an ammeter with 100-division scale: 80 divisions. The calibration diagram of the instrument tells that, in the rated operating conditions (see 3.3.13), with this reading one can assign as the result of the (direct) measurement: 8,0 A ± 0,1 A. For user convenience this information may be supplied by marking the scale in amperes (1 A for 10 divisions) and by an index of class of accuracy stating that the uncertainty is ±1 % of the full-scale value (including the reading uncertainty). Such scale marks, however, are only a short-cut for the calibration curve (see 6.2), and do not mean that the instrument yields a value in amperes to be eventually corrected for errors.

– Indication of a force-to-voltage transducer: 50 mV. The calibration diagram of the transducer shows that, in the rated operating conditions, with this value one can assign as the result of the (direct) force measurement: 210 kN ± 4 kN. This information may be supplied in the form of a table of correspondence between indications and (measure) values with associated uncertainty ranges.

– Indication of an overheating warning device: "on" (i.e. lamp lighted). The calibration diagram of the device shows that, in the rated operating conditions, when the lamp is on the temperature is higher than 90 °C ± 5 °C. This information may be supplied by the instruction note of the device. Note that in a measurement of this kind the measurand is not the temperature in itself, but the two classes of temperatures above (= "on") and below (= "off") the threshold, and the uncertainty interval applies to the threshold.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La courbe d'étalonnage est le tracé de la relation entre l'indication de l'appareil et la «valeur indiquée» du mesurande (voir 3.1.9), à savoir sa valeur de mesure dans le cas d'une mesure directe correctement effectuée, ou un élément de calcul du résultat de la mesure dans le cas des mesures indirectes (dont les mesures par observations répétées – voir 3.2.9), calcul qui nécessite de toute façon aussi l'incertitude associée à la valeur indiquée par le diagramme d'étalonnage.

Dans l'approche traditionnelle, on désignait les opérations désormais rangées sous le titre «d'étalonnage» par le terme de «calage d'échelle», qui consistait à fixer la position des graduations de l'échelle (voir VIM 4.29), tandis que le terme «étalonnage» désignait l'opération consistant à établir la relation entre les valeurs indiquées de la sorte et celles (conventionnellement vraies) obtenues avec des étalons (voir VIM 6.11). Il paraissait normal que les graduations soient libellées dans les unités de mesure du mesurande (ou de leurs multiples). Cette terminologie, assez naturelle pour les appareils classiques, sur lesquels un pointeur est mû mécaniquement sur une échelle gravée dans le laiton, ne convient plus aux appareils plus élaborés, et on a adopté une terminologie plus générale, répondant à toutes les situations.

L'incertitude d'un résultat de mesure valable doit être telle qu'elle en garantisse la compatibilité avec toutes les autres mesures valides du même mesurande, la compatibilité étant appréciée par le chevauchement des ensembles numériques représentant les résultats (voir 3.1.10). Ce critère de compatibilité découle de l'application des critères du GUM pour la combinaison des incertitudes en incertitude de la différence entre deux résultats: dans ce contexte, deux résultats de mesures sont réputés compatibles l'un avec l'autre s'ils sont exprimés par des intervalles numériques tels que $|V_1 - V_2| \leq U_{12} = \sqrt{(U_1^2 + U_2^2 - 2rU_1U_2)}$, où U_{12} est l'incertitude de la différence des deux mesures, et r le coefficient de corrélation des deux mesures. Si les deux mesures sont sans aucune corrélation, $r = 0$ et les deux intervalles doivent partiellement se chevaucher pour assurer la compatibilité. Si la corrélation est totale et positive, $r = +1$, $U_{12} = U_1 - U_2$, la compatibilité exige un chevauchement complet. Si la corrélation est négative, avec $r = -1$, $U_{12} = U_1 + U_2$, le chevauchement des deux intervalles peut se limiter à un seul élément commun pour assurer la compatibilité. L'évaluation de la compatibilité est donc liée à un jugement porté sur la corrélation entre les différentes mesures, ce qui n'est pas toujours facile et demande beaucoup de soin dans l'élaboration statistique des données d'étalonnage. Pour les besoins de la présente norme, les mesures effectuées aux extrêmes opposés de l'effet combiné des conditions d'utilisation sont considérées comme à corrélation négative, avec $r = -1$ (voir 6.1).

Exemple:

– les mesures suivantes de capacité d'un condensateur sont toutes compatibles entre elles:

a) 322,5 ± 0,2 pF, b) 322,6 ± 0,2 pF, c) 322,58 ± 0,02 pF, d) 323,0 ± 0,5 pF. Un autre résultat, non corrélé, e) 322,52 ± 0,02 pF, n'est pas compatible avec c), mais reste compatible avec les autres. Si les mesures sont correctes, cela signifie que la capacité a changé entre les mesures c) et e). Ce changement était pertinent pour les mesures d'une incertitude de ±0,02 pF, tandis que pour les mesures à incertitude ≥ ±0,2 pF, la capacité aurait été considérée comme constante.

Une conséquence évidente de la notion selon laquelle l'incertitude est une partie intrinsèque de tout résultat de mesure, et qu'une valeur est par conséquent dénuée de signification si elle n'est pas accompagnée de son incertitude, est la nécessité de spécifier les conditions d'utilisation par des plages, et non pas par des valeurs unitaires. On ne peut par exemple pas dire qu'un appareil doit être utilisé à 25 °C, mais plutôt que la plage de référence de la grandeur d'influence «température» est de 24 °C à 26 °C (ou 25 °C ± 1 °C), ce qui signifie que la température T doit satisfaire la relation $24\ °C \leq T - U < T + U \leq 26\ °C$. A l'évidence, la température doit être mesurée avec une incertitude $U << 1$ °C, faute de quoi cette condition ne serait satisfaite qu'occasionnellement.

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The calibration curve plots the relationship between the indication of the instrument and the "indicated value" of the measurand (see 3.1.9), that is its measure-value in the case of a correctly executed direct measurement, or an element for the computation of the result of the measurement in the case of indirect measurements (including measurements by repeated observations – see 3.2.9), a computation that, in any case needs also the uncertainty associated to the indicated value by the calibration diagram.

In the traditional approach the problem situation now treated under the heading "calibration" was addressed in terms of "scale marking" or "gauging", meaning the operation of fixing the positions of the scale marks of an instrument (see VIM 4.29), while the term "calibration" referred to the operation that establish the relationship between the values thus indicated and the (conventionally true) values of standards (see VIM 6.11). It was taken for granted that the scale marks were labelled in the units of measurement of the measurand (or multiples thereof). While this terminology was quite natural for the classical instruments where a pointer is mechanically driven across a scale engraved on brass, it is not suited to more elaborate instruments, and a more general terminology was adopted, suitable for all situations.

The uncertainty of a valid result of a measurement shall be such as to ensure compatibility with all other valid measurements of the same measurand, the compatibility being judged by the overlapping of the numerical sets representing the results (see 3.1.10). This criterion of compatibility comes out by applying the GUM criteria for the combination of uncertainties to the uncertainty of the difference between two results: in such terms two results of measurements are deemed to be compatible with each other when they are expressed by numeric intervals such that $|V_1 - V_2| \leq U_{12} = \sqrt{(U_1^2 + U_2^2 - 2rU_1U_2)}$, where U_{12} is the uncertainty of the difference of the two measurements and r the correlation coefficient of the two measurements. If the two measurements are completely uncorrelated, then $r = 0$ and the two intervals must be partially overlapping for compatibility; if they are totally positively correlated, then $r = +1$, $U_{12} = U_1 - U_2$, and compatibility requires complete overlapping; if they are anticorrelated with $r = -1$, then $U_{12} = U_1 + U_2$ and the overlapping of the two intervals may be reduced to one common element for compatibility. The assessment of compatibility is therefore tied to a judgement on the correlation between the several measurements, which may not be easy, and will require much care in the statistical elaboration of the calibration data. For the purposes of this standard we consider that measurements carried out at the opposite extremes of the combined effect of the operating conditions are to be considered anticorrelated with $r = -1$ (see 6.1).

Example:

– the following measurements of the capacity of a condenser are all compatible with one another:

  a) 322,5 ± 0,2 pF, b) 322,6 ± 0,2 pF, c) 322,58 ± 0,02 pF, d) 323,0 ± 0,5 pF. Another uncorrelated result, e) 322,52 ± 0,02 pF, is not compatible with c) but is still compatible with the other ones. If the measurements are correct, this means that the capacity has changed between measurements c) and e); the change was relevant for measurements with uncertainty ±0,02 pF, while for measurements with uncertainty ≥ ±0,2 pF the capacity would have been considered constant.

An obvious consequence of the notion that uncertainty is an intrinsic part of any result of measurement, i.e. that a value is meaningless if it is not accompanied by its uncertainty, is that the operating conditions shall be specified by ranges, not by single values. One cannot state, e.g., that the instrument shall be operated at 25 °C, but rather that the reference range for the influence quantity "temperature" is 24 °C to 26 °C (or 25 °C ± 1 °C), which means that the temperature T must satisfy the relation $24\ °C \leq T - U < T + U \leq 26\ °C$. Obviously the temperature has to be measured with uncertainty $U << 1$ °C, otherwise the condition would be satisfied only occasionally.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

En concomitance avec l'évolution terminologique et le passage de l'erreur à l'incertitude, les normes relatives aux performances des appareils de mesure électriques ont également connu une évolution de leur champ d'application. Au départ ont été publiées des normes sur des appareils électriques afficheurs, dans lesquelles les concepts «d'erreur intrinsèque» et de variations étaient traités. Vinrent ensuite les normes sur les appareils de mesure électroniques. Les principaux problèmes étaient posés par le traitement des variations, parce que d'une part il n'était pas possible de limiter les performances des appareils aux conditions de référence pour lesquelles «l'erreur intrinsèque» (maximale) était définie, et que d'autre part, on ne parvenait pas à trouver un critère économique permettant de combiner les différentes variations (sans oublier les ambiguïtés terminologiques et conceptuelles empêchant de voir clairement si elles étaient traitées comme une composante de «l'erreur systématique» ou comme outil de calcul de «l'erreur opératoire maximale»). A mesure que la distinction entre appareils de mesure électriques et électroniques s'atténuait, la CEI 60359 (1987)[2] proposa une norme convenant aux deux types, et qui tentait de surmonter les difficultés en traitant les variations comme des sources d'erreurs indépendantes sans corrélation, et d'une distribution équiprobable. Bien qu'offrant une procédure mathématique facilitant le calcul de «l'erreur maximale», cette approche était dénuée de bases physiques, dans la mesure où la plupart des grandeurs d'influence ne sont certainement ni corrélées, ni équiprobables. En outre, le problème était toujours abordé en termes «d'erreur». A présent qu'une séparation entre appareils de mesure électriques et électroniques est franchement obsolète, et que la notion d'incertitude a prévalu, il est grand temps de traiter la situation en termes généraux et modernes.

---

2 CEI 60359:1987, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques* (annulée et remplacée par la présente édition)

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Alongside the conceptual and terminological evolution from "error" to "uncertainty", the standards on the performance of electrical measuring instruments underwent also an evolution in scope. At first standards were published on electrical indicating instruments, where the concepts of "intrinsic error" and variations were developed. Then standards on electronic measurement instruments followed. The main problems came from the treatment of the variations, because on one hand the performance of the instruments could not be limited to the reference conditions for which the "intrinsic (maximum) error" was defined, and on the other hand no economical criterion could be devised for combining the several variations (also for the terminological and conceptual ambiguities by which it was not clear whether they were treated as a component of the "systematic error" or as a computational device for computing the "maximum operating error"). As the distinction between electric and electronic measurement instruments began to wane, IEC 60359 (1987)[2] offered a standard for both kinds of instruments and tried to overcome the difficulties by treating the variations as sources of independent uncorrelated errors with equiprobable distribution. While this approach allowed an easy mathematical procedure for computing the "maximum error", it was devoid of physical bases, as most influence quantities are certainly neither uncorrelated nor equiprobable. Besides, the problem was still addressed in terms of "error". Now that the separation between electric and electronic measurement instrument is decidedly obsolete, and the notion of uncertainty has prevailed, it is high time to address the problem situation in general and modern terms.

[2] IEC 60359:1987, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment* (cancelled and replaced by the present edition)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe B
(informative)

Etapes de la spécification des performances

Les moyens et les procédures de détermination des performances des appareils sortent du champ d'application et de l'objet de la présente norme, qui ne s'intéresse qu'à la façon d'exprimer les dites performances. Ces sujets font généralement l'objet de normes CEI de produit concernant des types particuliers de matériel, et qui devront désormais être révisées et adaptées à la philosophie du GUM. Pour assurer l'homogénéité, une norme générale de mise en œuvre du GUM dans la détermination des incertitudes instrumentales serait des plus utiles.

Quoi qu'il en soit, il est intéressant d'exposer ici, sous forme de diagramme fonctionnel (Figure B.1) et à un niveau informatif, les étapes à suivre pour exprimer les performances selon les termes de la présente norme.

La première étape est à l'évidence la spécification de la grandeur mesurée et de la plage de mesure (voir 3.3.9). On peut ensuite spécifier le format de sortie, c'est-à-dire l'unité dans laquelle l'indication est présentée (voir 3.1.5, 3.2.2).

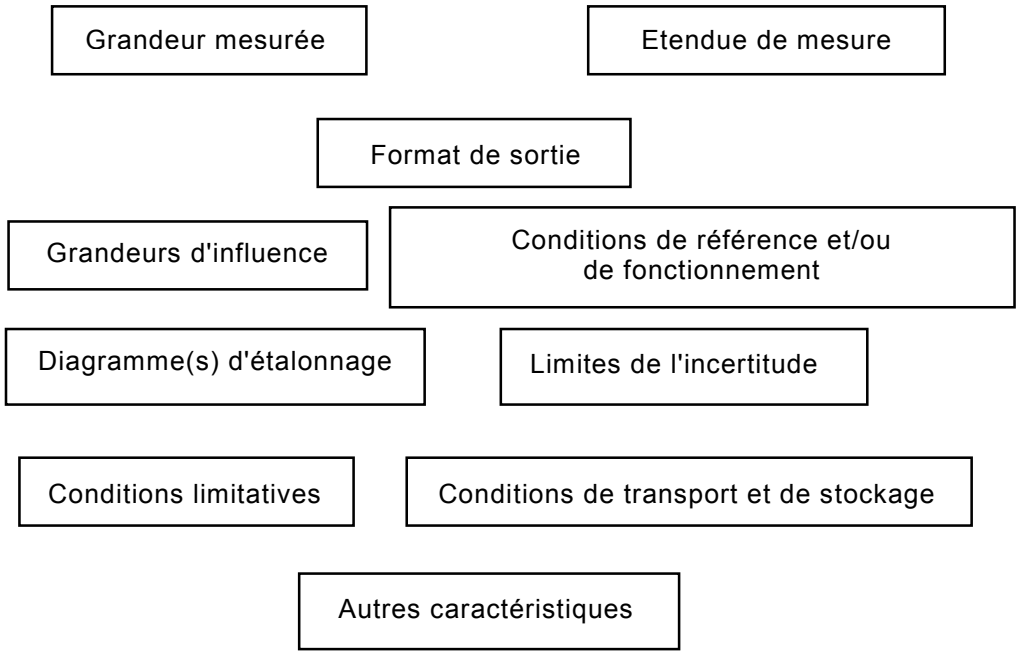


Figure B.1 – Etapes de la spécification des performances

Si le format de sortie est un affichage sur une échelle arbitraire ou un signal destiné à être lu par un autre appareil, sa spécification ne nécessite pas de travail d'étalonnage: le diagramme d'étalonnage sera produit par la suite, lors de l'étalonnage (Figure 1). Lorsque la sortie est destinée à un autre appareil ou à un afficheur extérieur, la spécification du format doit comprendre la spécification des caractéristiques de couplage exigées de l'appareil lecteur.

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex B
(informative)

Steps in the specification of performance

The means and procedures for determining the performance of the instruments are outside the scope and object of this standard, which is addressed to the expression of such performance. They are usually the object of IEC product standards pertaining to particular types of equipment, that should now be redrafted in terms of the GUM philosophy. A general standard for the implementation of the GUM with respect to the determination of instrumental uncertainties would be quite useful for uniformity.

However, it is worthwhile to expound here, in the form of a block diagram at the informative level (Figure B.1) the steps to be taken to express the performance in the terms of this standard.

The first step is of course the specification of the measured quantity and the measuring range (see 3.3.9). This may be followed by the specification of the output format, i.e. the unit in which the indication is presented (see 3.1.5, 3.2.2).

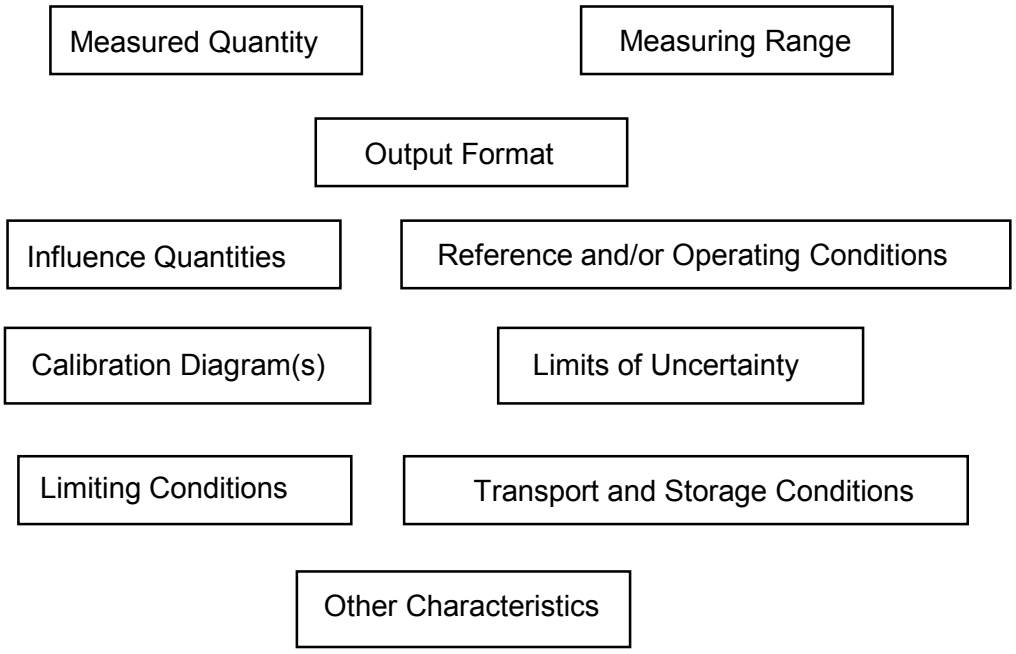


Figure B.1 – Steps in the specification of performance

If the output format is a display on an arbitrary scale, or a signal to be read by another instrument, then its specification does not require calibration work: the calibration diagram will be produced thereafter by the calibration (see Figure 1). When the output is meant for another instrument, or an external display, the specification of the format shall include the specification of the coupling characteristics required for the readout device.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Si, d'autre part, on fait le choix de libeller la sortie directement en unités de mesure du mesurande (Figure 2), cette opération présuppose en principe un étalonnage. Si le libellé est fait avant l'étalonnage de l'appareil à partir de l'expérience antérieure acquise avec des appareils similaires, on dispose de deux options, données en a) et b) ci-dessous.

a) Le libellé est considéré comme définitif, ce qui signifie que la courbe d'étalonnage a été déterminée comme une ligne droite à pente unitaire (Figure 2). Dans ce cas, un étalonnage ultérieur ne permettra de déterminer que la largeur sur laquelle le diagramme d'étalonnage recouvre cette courbe d'étalonnage prédéterminée, c'est-à-dire l'incertitude;

b) Le libellé est seulement considéré comme une façon de décrire la valeur lue, auquel cas l'étalonnage ultérieur donnera un diagramme d'étalonnage complet, coupé par une courbe d'étalonnage, avec corrélation de chaque valeur lue à la valeur de mesure par l'incertitude.

L'option b) peut donner lieu à des malentendus si l'on oublie qu'il ne s'agit que de donner un libellé à la sortie: l'étalonnage n'apportera pas une «correction» au résultat de mesure, il donnera le résultat de mesure lui-même (valeur et incertitude).

Avec les anciens appareils à pointeur sur échelle, cette opération, traditionnellement appelée «calage d'échelle», était effectuée une fois pour toutes, ce qui a été, sur le plan historique une source de difficultés théoriques: cette opération correspondait à l'option a) ci-dessus, mais par la suite, les réalités sur la durée de vie de l'appareil obligeaient à passer à l'option b) sans que mention soit faite du passage à un simple libellé. L'appareil ne se comportait pas comme il était censé le faire, l'erreur était attribuée à des «imperfections» de l'appareil, et «l'étalonnage» suggérait des «corrections» additives au résultat de la mesure pour compenser ce qu'on appelait «l'erreur systématique». Avec les appareils modernes à sortie numérique, l'opération consiste à définir les paramètres du convertisseur analogique-numérique et son couplage avec l'affichage, un réglage qui peut impliquer, et implique de plus en plus le logiciel. Stricto sensu, il s'agit d'un réglage, qui consiste à fournir les indications correspondant à des valeurs données du mesurande (voir 3.2.13), et il convient de veiller à ne pas confondre réglages et étalonnage. Les appareils dits à auto-étalonnage ne font souvent que réajuster la sortie par rapport à la courbe d'étalonnage prédéfinie, ce qui est très utile lorsqu'on est sûr que la largeur du diagramme d'étalonnage ne varie pas en cours de processus. Dans les autres cas, cette appellation est trompeuse.

Vient ensuite la spécification des grandeurs d'influence pertinentes et de leur plage (ainsi que des autres conditions pertinentes). On a alors le choix de spécifier:

a) les seules conditions de référence;

b) les conditions de référence et de fonctionnement nominales;

c) les seules conditions de fonctionnement nominales,

selon le domaine d'utilisation de l'appareil, son niveau d'incertitude, et le travail d'étalonnage qu'on est disposé à fournir (voir 6.4 et 7.1). Si l'on choisit l'option b), on doit ensuite choisir d'exprimer les résultats en termes de limites d'incertitude intrinsèque et de variations (voir 6.4.2 et 6.4.3) ou de limites d'incertitude intrinsèque et de limites d'incertitude opératoire (voir 6.4.4 et 6.4.5). Le travail d'étalonnage (direct ou tiré de l'expérience antérieure) est plus important si l'on spécifie les limites d'incertitude opératoire plutôt que les seules variations, puisqu'il faut exprimer la façon dont les différentes variations se combinent les unes avec les autres, et dont l'incertitude varie par rapport aux conditions de référence.

Une fois spécifiées les limites de l'incertitude, il faut également spécifier les conditions limitatives (voir 3.3.15 et 3.3.16) et les conditions de stockage et de transport (voir 3.3.17 à 3.3.19).

Une éventuelle étape supplémentaire est la spécification des caractéristiques de performances qui ne peuvent pas être déduites du diagramme d'étalonnage (et qui ne sont pas traitées par la présente norme) comme, par exemple la résolution ou les caractéristiques de réponse lors de phases transitoires.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

If, on the other hand, the choice is made of labelling the output directly in the units of measurement of the measurand (see Figure 2), in principle this labelling operation presupposes a calibration. If the labelling is made before the calibration of the instrument on the basis of previous experience with similar instruments, two options are open:

a) the labelling is taken as definitive, which means the calibration curve has been predetermined as a straight line with unit slope (see Figure 2), in which case the subsequent calibration will only determine how wide is the calibration diagram astride this predetermined calibration curve, i.e. the uncertainty;

b) the labelling is considered just a way of describing the reading-value, in which case the subsequent calibration will supply a full calibration diagram, bisected by a calibration curve, which correlates any reading-value to the measure-value with uncertainty.

Option b) may give rise to misunderstandings if one forgets that it is only matter of labelling the output: the calibration will not supply a "correction" to the measurement result, but the measurement result itself (value and uncertainty).

With the obsolescent pointer-on-scale instruments this labelling operation (traditionally called "gauging" or "scale marking") was effected on a once and for all basis, which in the philosophical framework of the times, was also a source of theoretical difficulties: the operation was meant for option a) above, but then the facts of instrumental life required shifting to option b) without acknowledging that it was a matter of labelling. The instrument did not behave as it was supposed to do, the "error" was seen as due to "imperfections" of the instrument and the "calibration" suggested additive "corrections" to the result of the measurement to compensate the so-called "systematic error". With the modern digital-output instruments, the operation is a matter of setting the parameters of the analog-to-digital converter and its coupling to the readout display, a setting which may, and indeed more and more frequently does, involve software. Strictly speaking, it is a matter of an adjustment, i.e. providing given indications corresponding to given values of the measurand (see 3.2.13), and one should be careful not to confuse adjustments with calibration. Often the so-called self-calibrating instruments only readjust the output to the preset calibration curve: this is quite useful if one is sure that the width of the calibration diagram is not altered in the process, otherwise it is misleading.

Thereafter comes the specification of the relevant influence quantities and their range (together with other relevant conditions). Here an option shall be taken on whether to specify

a) only reference conditions;

b) reference and rated operating conditions;

c) only rated operating conditions;

depending on the field of usage of the instrument, its level of uncertainty, and the amount of calibration work one is disposed to face (see 6.4 and 7.1). If option b) is taken, one shall then choose whether to express the results in terms of limits of intrinsic uncertainty and variations (see 6.4.2 and 6.4.3) or limits of intrinsic uncertainty and limits of operating uncertainty (see 6.4.4 and 6.4.5). The amount of calibration work (direct or inferred from previous experience) is higher when one specifies the limits of operating uncertainty rather than only the variations, because one has to express how the several variations combine with each other and how the uncertainty changes with respect to the reference conditions.

After the limits of uncertainty are specified, one shall also specify the limiting conditions (see 3.3.15 and 3.3.16) and the storage and transport conditions (see 3.3.17 to 3.3.19).

A possible further step is the specification of performance characteristics that are not deducible from the calibration diagram (and are not addressed in this standard) as, e. g., the resolution or the response characteristics in transient operations.

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Bibliographie

a) Publications CEI

CEI 60051 (toutes les parties), *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60654 (toutes les parties), *Matériels de mesure et de commande dans les processus industriels – Conditions de fonctionnement*

CEI 60721-3-0:1984, *Classification des conditions d'environnement – Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérité – Introduction*

CEI 60851-5, *Méthodes d'essai des fils de bobinage – Partie 5: Propriétés électriques*

b) Autres Publications

Recommandation CIPM INC-1 (1980)

Recommandation CIPM 1 (CI-1981)

Recommandation CIPM 1 (CI-1986)

ISO/CEI INT-VOC-MET:1993, *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie*

UNI 4546:1984, *Misure e misurazioni. Termini e definizioni fondamentali – Norma italiana CDU 681.2:001.4, 1984 (Métrologie et mesures – Termes fondamentaux et définitions – Norme italienne)*

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Bibliography

a) IEC Publications

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (Code IP)*

IEC 60654 (all parts), *Industrial-process measurement and control equipment – Operating conditions*

IEC 60721-3-0:1984, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction*

IEC 60851-5, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*

b) Other Publications

CIPM Recommendation INC-1 (1980)

CIPM Recommendation 1 (CI-1981)

CIPM Recommendation 1 (CI-1986)

ISO/IEC INT-VOC-MET:1993, *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*

UNI 4546: 1984, *Misure e misurazioni. Termini e definizioni fondamentali – Norma italiana CDU 681.2:001.4, 1984 (Measures and measurements – Fundamental terms and definitions. Italian standard)*

———————

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC**/CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: *(e.g. 60601-1-1)*

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard *(tick all that apply).* I am the/a:

purchasing agent ❑
librarian ❑
researcher ❑
design engineer ❑
safety engineer ❑
testing engineer ❑
marketing specialist ❑
other.....

Q3 I work for/in/as a: *(tick all that apply)*

manufacturing ❑
consultant ❑
government ❑
test/certification facility ❑
public utility ❑
education ❑
military ❑
other.....

Q4 This standard will be used for: *(tick all that apply)*

general reference ❑
product research ❑
product design/development ❑
specifications ❑
tenders ❑
quality assessment ❑
certification ❑
technical documentation ❑
thesis ❑
manufacturing ❑
other.....

Q5 This standard meets my needs: *(tick one)*

not at all ❑
nearly ❑
fairly well ❑
exactly ❑

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: *(tick all that apply)*

standard is out of date ❑
standard is incomplete ❑
standard is too academic ❑
standard is too superficial ❑
title is misleading ❑
I made the wrong choice ❑
other .....

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:
(1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

timeliness.....
quality of writing.....
technical contents.....
logic of arrangement of contents .....
tables, charts, graphs, figures.....
other .....

Q8 I read/use the: *(tick one)*

French text only ❑
English text only ❑
both English and French texts ❑

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI**/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (*ex. 60601-1-1)*

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ❑
bibliothécaire ❑
chercheur ❑
ingénieur concepteur ❑
ingénieur sécurité ❑
ingénieur d'essais ❑
spécialiste en marketing ❑
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ❑
comme consultant ❑
pour un gouvernement ❑
pour un organisme d'essais/ certification ❑
dans un service public ❑
dans l'enseignement ❑
comme militaire ❑
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ❑
une recherche de produit ❑
une étude/développement de produit ❑
des spécifications ❑
des soumissions ❑
une évaluation de la qualité ❑
une certification ❑
une documentation technique ❑
une thèse ❑
la fabrication ❑
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

pas du tout ❑
à peu près ❑
assez bien ❑
parfaitement ❑

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ❑
la norme est incomplète ❑
la norme est trop théorique ❑
la norme est trop superficielle ❑
le titre est équivoque ❑
je n'ai pas fait le bon choix ❑
autre(s) .....

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

publication en temps opportun .....
qualité de la rédaction.....
contenu technique .....
disposition logique du contenu .....
tableaux, diagrammes, graphiques, figures.....
autre(s) .....

Q8 Je lis/utilise: *(une seule réponse)*

uniquement le texte français ❑
uniquement le texte anglais ❑
les textes anglais et français ❑

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

--`,,`,,`-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ISBN 2-8318-6117-9



ICS 17.220.20

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale