

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61189-2

Première édition
First edition
1997-04

**Méthodes d'essais pour les matériaux électriques,
les cartes imprimées et autres structures
d'interconnexion et ensembles –**

**Partie 2:
Méthodes d'essai des matériaux
pour structures d'interconnexion**

**Test methods for electrical materials,
printed boards and other interconnection
structures and assemblies –**

**Part 2:
Test methods for materials
for interconnection structures**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61189-2:1997

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 (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.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 (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.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 (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.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 (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61189-2

Première édition
First edition
1997-04

**Méthodes d'essais pour les matériaux électriques,
les cartes imprimées et autres structures
d'interconnexion et ensembles –**

**Partie 2:
Méthodes d'essai des matériaux
pour structures d'interconnexion**

**Test methods for electrical materials,
printed boards and other interconnection
structures and assemblies –**

**Part 2:
Test methods for materials
for interconnection structures**

© IEC 1997 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 Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Exactitude, précision et résolution.....	8
4 Recueil de méthodes d'essais approuvées.....	16
5 P: Méthodes d'essais de préparation ou de conditionnement.....	16
6 V: Méthodes d'essais visuels	16
7 D: Méthodes d'essais dimensionnels.....	16
8 C: Méthodes d'essais chimiques	18
9 M: Méthodes d'essais mécaniques.....	38
10 E: Méthodes d'essais électriques	92
11 N: Méthodes d'essais relatifs à l'environnement.....	108
12 X: Méthodes d'essais divers.....	108
Tableaux	
1 Distribution «t» de Student.....	14
2 Dimensions de l'électrode pour essais	100
3 Résistance aux amorçages.....	106
4 Procédures de nettoyage.....	90
Figures	
1 Position des éprouvettes	110
2 Bain de sable fluidisé.....	112
3 Dimensions de l'électrode pour essais de résistivité transversale et de résistivité superficielle.....	114
4 Raccordements de l'électrode pour la mesure de la résistivité transversale.....	114
5 Raccordements de l'électrode pour mesurer la résistivité superficielle.....	114
6 Circuit d'essai de résistance aux amorçages.....	116
7 Sous-ensemble d'électrodes en alliage acier tungstène.....	118
8 Eprouvette pour la mesure de la force d'adhérence.....	120
9 Impression d'essai poinçonnée pour l'essai d'arrachement.....	122
10 Impressions d'essai pour essai de remplissage de dégagement.....	122
11 Entassement normalisé des matériaux dans la presse pour la préparation des spécimens d'essai pour les essais d'arbitrage	124
12 Profils des conditions de presse pour la préparation des spécimens pour les essais d'arbitrage	124
Annexes	
A Exemples réalisés	126
B Tableau de conversion	130

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	9
3 Accuracy, precision and resolution.....	9
4 Catalogue of approved test methods.....	17
5 P: Preparation/conditioning test methods	17
6 V: Visual test methods.....	17
7 D: Dimensional test methods	17
8 C: Chemical test methods.....	19
9 M: Mechanical test methods	39
10 E: Electrical test methods	93
11 N: Environmental test methods	109
12 X: Miscellaneous test methods.....	109
Tables	
1 Student's "t" distribution.....	15
2 Test pattern dimensions	101
3 Arc resistance	107
4 Cleaning procedures.....	91
Figures	
1 Position of specimens.....	111
2 Fluidized sand bath.....	113
3 Electrode dimensions for volume resistivity and surface resistivity tests	115
4 Electrode connections for measuring volume resistance.....	115
5 Electrode connections for measuring surface resistance	115
6 Arc-resistance test circuit	117
7 Tungsten steel rod electrode assembly	119
8 Specimen for peel strength measurement	121
9 Punched test pattern for squeeze-out test	123
10 Test patterns for clearance filling test	123
11 Standard lay-up of materials in the press to prepare the test specimens for referee tests	125
12 Profiles of press conditions to prepare the test specimens for referee tests.....	125
Annexes	
A Worked examples.....	127
B Conversion table.....	131

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Méthodes d'essais pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles -

Partie 2: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61189-2 a été établie par le comité d'études 52 de la CEI: Circuits imprimés, en collaboration avec les comités d'études 91: Technique du montage en surface, et 50: Essais d'environnement.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

Table with 2 columns: FDIS, Rapport de vote. Row 1: 52/636/FDIS, 52/700/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.

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

La présente norme doit être utilisée conjointement avec les parties suivantes de la CEI 61189, sous le titre générique Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les structures d'interconnexion et les ensembles:

- Partie 1: Méthodes d'essai générales et méthodologie
Partie 3: Méthodes d'essai des structures d'interconnexion
Partie 4: Méthodes d'essai des composants électroniques caractéristiques de montage
Partie 5: Méthodes d'essai des ensembles de structures d'interconnexion

et également la norme suivante

CEI 60068: Essais d'environnement

Le contenu du corrigendum de juin 1997 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**Test methods for electrical materials,
printed boards and other interconnection structures
and assemblies –**

**Part 2: Test methods for materials for
interconnection structures**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61189-2 has been prepared by IEC technical committee 52: Printed circuits, in cooperation with technical committee 91: Surface mounting technology, and technical committee 50: Environmental testing.

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

FDIS	Report on voting
52/636/FDIS	52/700/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.

Annexes A and B are for information only.

This standard should be used in conjunction with the following parts of IEC 61189, under generic title *Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies*:

- Part 1: General test methods and methodology
- Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)
- Part 4: Test methods for electronic components assembling characteristics
- Part 5: Test methods printed board assemblies

and also the following standard

IEC 60068: *Environmental testing*

The contents of the corrigendum of June 1997 have been included in this copy.

INTRODUCTION

La CEI 61189 porte sur les méthodes d'essais applicables aux cartes imprimées et équipées ainsi que sur la robustesse des matériaux et des composants employés sans tenir compte de leur mode de fabrication.

Cette norme est divisée en plusieurs parties distinctes qui traitent des informations à l'usage des concepteurs et des techniciens ou ingénieurs chargés de la méthodologie des essais. Chacune de ces parties a son but particulier; les méthodes sont groupées en fonction de leur application et sont numérotées successivement, à mesure de leur élaboration et de leur publication.

On a repris dans certains cas des méthodes d'essai élaborées par d'autres comités d'études (le CE 50 par exemple) à partir d'autres normes de la CEI, dans l'intention de fournir à l'utilisateur un ensemble complet de méthodes d'essai. Ces cas sont mentionnés dans la méthode d'essai correspondante et, si cette méthode d'essai a subi une légère révision, les alinéas modifiés sont signalés.

Cette partie de la CEI 61189 comporte des méthodes d'essai applicables aux matériaux utilisés pour constituer des structures d'interconnexion (cartes imprimées) et des ensembles électroniques. Ces méthodes sont autonomes et comportent suffisamment de détails et de descriptions pour que l'uniformité et la reproductibilité des procédures et des méthodologies d'essai soient assurées.

Les essais qui figurent dans la présente publication sont groupés en fonction du code suivant:

- P: méthodes de préparation ou de conditionnement
- V: méthodes d'essais visuels
- D: méthodes d'essais dimensionnels
- C: méthodes d'essais chimiques
- M: méthodes d'essais mécaniques
- E: méthodes d'essais électriques
- N: méthodes d'essais relatives à l'environnement
- X: méthodes d'essais divers

Pour faciliter le renvoi aux essais, garder une présentation cohérente et prévoir l'expansion future, chaque essai est identifié par un numéro (attribué successivement) auquel s'ajoute en préfixe la lettre (code du groupe) qui correspond au groupe auquel appartient la méthode d'essai.

Les numéros des méthodes d'essai ne déterminent pas une éventuelle séquence d'essai; cette responsabilité dépend de la spécification qui impose l'exécution d'une méthode donnée. Dans la plupart des cas, la spécification appropriée indique aussi les critères d'acceptation et de rejet.

L'ensemble lettre et numéro donne la référence à utiliser dans la spécification appropriée. Ainsi «2D01» représente la première méthode d'essai des dimensions exposée dans la présente publication.

En bref, dans cet exemple «2» représente la partie de la norme de la CEI (61189-2), D, le groupe de méthodes et 01, le numéro de l'essai.

L'annexe B donne la liste de toutes les méthodes d'essai de cette norme, ainsi que de celles qui sont à l'étude. Cette annexe fera l'objet de mises à jour lors de l'introduction de nouveaux essais.

INTRODUCTION

IEC 61189 relates to test methods for printed boards and printed board assemblies, as well as related materials or component robustness, irrespective of their method of manufacture.

The standard is divided into separate parts, covering information for the designer and the test methodology engineer or technician. Each part has a specific focus; methods are grouped according to their application and numbered sequentially as they are developed and released.

In some instances test methods developed by other TCs (e.g. TC 50) have been reproduced from existing IEC standards in order to provide the reader with a comprehensive set of test methods. When this situation occurs, it will be noted on the specific test method; if the test method is reproduced with minor revision, those paragraphs that are different are identified.

This part of IEC 61189 contains test methods for materials used to produce interconnection structures (printed boards) and electronic assemblies. The methods are self-contained, with sufficient detail and description so as to achieve uniformity and reproducibility in the procedures and test methodologies.

The tests shown in this standard are grouped according to the following principles:

- P: preparation/conditioning methods
- V: visual test methods
- D: dimensional test methods
- C: chemical test methods
- M: mechanical test methods
- E: electrical test methods
- N: environmental test methods
- X: miscellaneous test methods

To facilitate reference to the tests, to retain consistency of presentation, and to provide for future expansion, each test is identified by a number (assigned sequentially) added to the prefix (group code) letter showing the group to which the test method belongs.

The test method numbers have no significance with respect to an eventual test sequence; that responsibility rests with the relevant specification that calls for the method being performed. The relevant specification, in most instances, also describes pass/fail criteria.

The letter and number combinations are for reference purposes, to be used by the relevant specification. Thus "2D01" represents the first dimensional test method described in this publication.

In short, for this example, 2 is the part of IEC standard (61189-2), D is the group of methods, and 01 is the test number.

A list of all test methods included in this standard, as well as those under consideration is given in annex B. This annex will be reissued whenever new tests are introduced.

Méthodes d'essais pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61189 constitue un recueil de méthodes d'essai représentant les méthodologies et les procédures qui peuvent être appliquées pour essayer les matériaux utilisés pour fabriquer des structures d'interconnexion (cartes imprimées) et des ensembles.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 61189. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61189 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes Internationales en vigueur.

CEI 60068-2-2: 1974, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60249-1: 1982, *Matériaux de base pour circuits imprimés – Première partie: Méthodes d'essai*

CEI 60249-3-1: 1981, *Matériaux de base pour circuits imprimés – Troisième partie: Matériaux spéciaux utilisés en association avec les circuits imprimés – Spécification n° 1: Feuille préimprégnée utilisée comme matériau de collage dans la fabrication des cartes imprimées multicouches*

3 Exactitude, précision et résolution

Les erreurs et les incertitudes sont inhérentes à toutes les méthodes de mesurage. Les renseignements donnés ci-dessous permettent de faire des évaluations valables de la quantité d'erreurs et d'incertitudes à prendre en compte.

Les données d'essai poursuivent un certain nombre de buts tels que:

- le contrôle du processus;
- une confiance accrue dans la conformité de la qualité;
- l'arbitrage entre le client et le fournisseur.

Dans n'importe laquelle de ces circonstances, il est essentiel que la confiance puisse être placée dans les données d'essai en termes de:

- exactitude: étalonnage des instruments et/ou du système d'essai;
- précision: la reproductibilité et l'incertitude dans le mesurage;
- résolution: l'adaptation des instruments et/ou du système à l'essai.

Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 2: Test methods for materials for interconnection structures

1 Scope and object

This part of IEC 61189 is a catalogue of test methods representing methodologies and procedures that can be applied to test materials used for manufacturing interconnection structures (printed boards) and assemblies.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61189. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 61189 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60068-2-2: 1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60249-1: 1982, *Base materials for printed circuits – Part 1: Test methods*

IEC 60249-3-1: 1981, *Base materials for printed circuits – Part 3: Special materials used in connection with printed circuits – Specification No. 1: Prepreg for use as bonding sheet material in the fabrication of multilayer printed boards*

3 Accuracy, precision and resolution

Errors and uncertainties are inherent in all measurement processes. The information given below enables valid estimates of the amount of error and uncertainty to be taken into account.

Test data serve a number of purposes which include:

- to monitor a process,
- to enhance confidence in quality conformance;
- to arbitrate between customer and supplier.

In any of these circumstances, it is essential that confidence can be placed upon the test data in terms of:

- accuracy: calibration of the test instruments and/or system;
- precision: the repeatability and uncertainty of the measurement;
- resolution: the suitability of the instruments and/or system for the test.

3.1 Exactitude

Le régime par lequel l'étalonnage d'usage de l'équipement d'essai est entrepris doit être clairement déclaré dans la documentation qualité du fournisseur ou de l'organisme conduisant l'essai et doit satisfaire aux exigences du 4.11 de l'ISO 9002.

L'étalonnage doit être conduit par un organisme accrédité auprès d'un institut national ou international de normalisation de métrologie. Il convient qu'il y ait une chaîne ininterrompue de raccordement jusqu'à un étalon national ou international.

Si le raccordement à un étalon national ou international n'est pas possible, les techniques «inter-laboratoires» peuvent être utilisées et munies de pièces justificatives pour renforcer la confiance dans l'exactitude du mesurage.

L'intervalle d'étalonnage doit être normalement d'un an. Un équipement qui se trouve régulièrement en dehors des limites d'exactitude acceptables doit être soumis à des intervalles d'étalonnage plus courts. Un équipement qui se trouve régulièrement dans des limites acceptables peut être soumis à des intervalles d'étalonnage assouplis.

Un rapport d'étalonnage et l'historique de la maintenance doivent être gardés pour chaque instrument. Ces pièces devraient indiquer l'incertitude de la technique d'étalonnage (en \pm % de déviation) afin que ces incertitudes de mesurage puissent être regroupées et évaluées.

Une procédure doit être mise en oeuvre pour résoudre toute situation où un instrument se situe en dehors des limites d'étalonnage.

3.2 Précision

La loi d'incertitude de toute technique de mesurage est formée d'incertitudes à la fois systématiques et aléatoires. Toutes les estimations doivent être basées sur un seul niveau de confiance, le minimum étant de 95 %.

Les incertitudes systématiques sont généralement prédominantes et pourront comprendre toutes les incertitudes non soumises à des fluctuations aléatoires. Elles comprennent:

- les incertitudes dans l'étalonnage;
- les erreurs dues à l'utilisation d'un instrument dans des conditions différentes de celles dans lesquelles il a été étalonné;
- les erreurs dans la graduation d'échelle d'un appareil analogique (erreur d'échelle).

Les incertitudes aléatoires proviennent de nombreuses sources, mais peuvent être déduites du mesurage répété d'un étalon. Il n'est donc pas nécessaire d'isoler les contributions individuelles. Elles peuvent comprendre:

- des fluctuations aléatoires telles que celles dues aux variations d'un paramètre d'influence. Typiquement, les changements dans les conditions atmosphériques réduisent la reproductibilité d'un mesurage;
- une incertitude de mobilité, telle que le réglage d'un pointeur sur un repère conventionnel ou l'incertitude d'interpolation entre les graduations d'une échelle analogique.

Agrégation des incertitudes: L'addition géométrique (racine carrée de la somme des carrés) des incertitudes peut être utilisée dans la plupart des cas. L'erreur d'interpolation est normalement ajoutée séparément et peut être acceptée comme étant 20 % de la différence entre les graduations les plus fines de l'échelle de l'instrument.

3.1 Accuracy

The regime by which routine calibration of the test equipment is undertaken shall be clearly stated in the quality documentation of the supplier or agency conducting the test, and shall meet the requirements of 4.11 of ISO 9002.

The calibration shall be conducted by an agency having accreditation to a national or international measurement standard institute. There should be an uninterrupted chain of calibration to a national or international standard.

Where calibration to a national or international standard is not possible, "round robin" techniques may be used, and documented, to enhance confidence in measurement accuracy.

The calibration interval shall normally be one year. Equipment consistently found to be outside acceptable limits of accuracy shall be subject to shortened calibration intervals. Equipment consistently found to be well within acceptable limits may be subject to relaxed calibration intervals.

A record of the calibration and maintenance history shall be maintained for each instrument. These records should state the uncertainty of the calibration technique (in \pm % deviation) in order that uncertainties of measurement can be aggregated and determined.

A procedure shall be implemented to resolve any situation where an instrument is found to be outside calibration limits.

3.2 Precision

The uncertainty budget of any measurement technique is made up of both systematic and random uncertainties. All estimates shall be based upon a single confidence level, the minimum being 95 %.

Systematic uncertainties are usually the predominant contributor, and will include all uncertainties not subject to random fluctuation. These include:

- calibration uncertainties;
- errors due to the use of an instrument under conditions which differ from those under which it was calibrated;
- errors in the graduation of a scale of an analogue meter (scale shape error).

Random uncertainties result from numerous sources but can be deduced from repeated measurement of a standard item. Therefore, it is not necessary to isolate the individual contributions. These may include:

- random fluctuations such as those due to the variation of an influence parameter. Typically, changes in atmospheric conditions reduce the repeatability of a measurement;
- uncertainty in discrimination, such as setting a pointer to a fiducial mark, or interpolating between graduations on an analogue scale.

Aggregation of uncertainties: Geometric addition (root-sum-square) of uncertainties may be used in most cases. Interpolation error is normally added separately and may be accepted as being 20 % of the difference between the finest graduations of the scale of the instrument.

$$U_t = \pm \sqrt{(U_s^2 + U_r^2)} + U_i$$

où

U_t est l'incertitude totale

U_s est l'incertitude systématique

U_r est l'incertitude aléatoire

U_i est l'erreur d'interpolation

Détermination des incertitudes aléatoires: L'incertitude aléatoire peut être déterminée par mesurage répété d'un paramètre et manipulation statistique ultérieure des données mesurées. La technique suppose que les données présentent une distribution normale (gaussienne).

$$U_r = \frac{t \times \sigma}{\sqrt{n}}$$

où

U_r est l'incertitude aléatoire

n est l'effectif de l'échantillon

t est le point pourcentage de la distribution « t » tiré du paragraphe 3.5 ou des tables statistiques

F est l'écart-type (σ_{n-1})

3.3 Résolution

Ce qui compte le plus est que l'équipement d'essai utilisé soit capable d'une résolution suffisante. Les systèmes de mesurage utilisés devraient être capables d'une résolution de 10 % (ou meilleure) de la tolérance sur la limite d'essai.

On peut accepter que certaines technologies puissent admettre une limitation physique sur la résolution (par exemple: résolution optique).

3.4 Rapport

En plus des exigences détaillées dans la spécification d'essai, le rapport doit fournir des détails sur:

- la méthode d'essai utilisée;
- l'identité du ou des échantillon(s);
- l'instrumentation d'essai;
- la ou les limite(s) spécifiée(s);
- l'estimation de l'incertitude de mesurage et la ou les limite(s) de fonctionnement résultant pour l'essai;
- les résultats d'essai détaillés;
- la date de l'essai et la signature des opérateurs.

3.5 Distribution « t » de Student

Le tableau 1 donne les valeurs du facteur « t » pour les niveaux de confiance de 95 % et 99 % en fonction du nombre de mesurages. Il est suffisant d'utiliser la limite de 95 % comme dans le cas des exemples réalisés, décrits dans l'annexe A.