

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62011-2**

Première édition  
First edition  
2004-01

---

---

**Matériaux isolants –  
Tubes et barres industriels, rigides,  
moulés, stratifiés, de sections transversales  
rectangulaires ou hexagonales, à base de résines  
thermodurcissables, à usages électriques –**

**Partie 2:  
Méthodes d'essai**

**Insulating materials –  
Industrial, rigid, moulded, laminated tubes  
and rods of rectangular and hexagonal  
cross-section, based on thermosetting resins  
for electrical purposes –**

**Part 2:  
Methods of test**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 62011-2:2004

## 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](http://www.iec.ch))
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) 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/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) 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](mailto: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](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) 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/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) 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](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62011-2**

Première édition  
First edition  
2004-01

---

---

**Matériaux isolants –  
Tubes et barres industriels, rigides,  
moulés, stratifiés, de sections transversales  
rectangulaires ou hexagonales, à base de résines  
thermodurcissables, à usages électriques –**

**Partie 2:  
Méthodes d'essai**

**Insulating materials –  
Industrial, rigid, moulded, laminated tubes  
and rods of rectangular and hexagonal  
cross-section, based on thermosetting resins  
for electrical purposes –**

**Part 2:  
Methods of test**

© IEC 2004 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

**P**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives .....	10
3 Conditionnement.....	12
4 Dimensions.....	12
4.1 Dimensions extérieures .....	12
4.2 Dimensions intérieures .....	12
4.3 Epaisseur de paroi.....	14
4.4 Défaut de rectitude – S'applique à tous les tubes et à toutes les barres.....	14
5 Essais mécaniques .....	16
5.1 Résistance à la flexion perpendiculairement aux couches (barres uniquement) .....	16
5.2 Résistance à la compression axiale (pour les tubes uniquement). .....	20
6 Essais électriques.....	22
6.1 Généralités.....	22
6.2 Résistance d'isolement après immersion dans l'eau .....	24
7 Autres essais.....	26
7.1 Absorption d'eau.....	26
7.2 Masse volumique.....	28
Bibliographie .....	30

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Conditioning .....	13
4 Dimensions.....	13
4.1 External dimensions .....	13
4.2 Internal dimensions .....	13
4.3 Wall thickness .....	15
4.4 Departure from straightness – Applicable to all tubes and rods.....	15
5 Mechanical tests.....	17
5.1 Flexural strength perpendicular to laminations (rods only) .....	17
5.2 Axial compressive strength (tubes only) .....	21
6 Electrical tests .....	23
6.1 General .....	23
6.2 Insulation resistance after immersion in water .....	25
7 Other tests.....	27
7.1 Water absorption .....	27
7.2 Density.....	29
Bibliography.....	31

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MATÉRIAUX ISOLANTS – TUBES ET BARRES INDUSTRIELS, RIGIDES, MOULÉS, STRATIFIÉS, DE SECTIONS TRANSVERSALES RECTANGULAIRES OU HEXAGONALES, À BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES, À USAGES ÉLECTRIQUES –

### Partie 2: Méthodes d'essai

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 62011-2 a été établie par le sous-comité 15C: Spécifications, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
15C/1532/FDIS	15C/1552/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.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATING MATERIALS –  
INDUSTRIAL, RIGID, MOULDED, LAMINATED TUBES AND RODS OF  
RECTANGULAR AND HEXAGONAL CROSS-SECTION, BASED ON  
THERMOSETTING RESINS FOR ELECTRICAL PURPOSES –**

**Part 2: Methods of test**

**FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62011-2 has been prepared by subcommittee 15C: Specifications, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

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

FDIS	Report on voting
15C/1532/FDIS	15C/1552/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

## INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 62011 est l'une des normes qui constituent une série traitant de tubes industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires et de barres de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermdurcissables, à usages électriques. Les matériaux sont semblables à ceux décrits dans la CEI 61212-1 mais avec une section transversale différente.

Cette série, sous le titre général *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermdurcissables, à usages électriques*, est composée de trois parties:

Partie 1: Définitions, désignations et exigences générales

Partie 2: Méthodes d'essai

Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers

La CEI 62011-2 définit les méthodes d'essai.

## INTRODUCTION

This part of IEC 62011 is one of a series which deals with industrial, rigid, moulded, laminated tubes of rectangular cross-section and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes. The materials are similar to those described in IEC 61212-1 but of different cross-section.

This series, under the general heading *Insulating materials – Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section based on thermosetting resins for electrical purposes*, consists of three parts:

Part 1: Definitions, designations and general requirements

Part 2: Methods of test

Part 3: Specifications for individual materials

IEC 62011-2 specifies the methods of test.

# **MATÉRIAUX ISOLANTS – TUBES ET BARRES INDUSTRIELS, RIGIDES, MOULÉS, STRATIFIÉS, DE SECTIONS TRANSVERSALES RECTANGULAIRES OU HEXAGONALES, À BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES, À USAGES ÉLECTRIQUES –**

## **Partie 2: Méthodes d'essai**

### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 62011 traite des méthodes d'essai destinées aux tubes et barres industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques.

### **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 60167:1964, *Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides*

CEI 60212:1971, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 60243-1:1998, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

CEI 60296:1982, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 62011-3 (toutes les parties), *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour matériaux individuels*

ISO 62:1999, *Plastiques – Détermination de l'absorption d'eau*

ISO 178:2001, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

ISO 604: 2002, *Plastiques – Détermination des propriétés en compression*

ISO 1183:1987, *Plastiques – Méthodes pour déterminer la masse volumique et la densité relative des plastiques non alvéolaires*

ISO 5893:2002, *Appareils d'essai du caoutchouc et des plastiques – Types pour traction, flexion et compression (vitesse de translation constante) – Spécifications (disponible en anglais seulement)*

# INSULATING MATERIALS – INDUSTRIAL, RIGID, MOULDED, LAMINATED TUBES AND RODS OF RECTANGULAR AND HEXAGONAL CROSS-SECTION, BASED ON THERMOSETTING RESINS FOR ELECTRICAL PURPOSES –

## Part 2: Methods of test

### 1 Scope

This part of IEC 62011 deals with the test methods for industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes.

### 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 60167:1964, *Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials*

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60243-1:1998, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 62011-3 (all parts), *Insulating materials – Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

ISO 62:1999, *Plastics – Determination of water absorption*

ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 604:2002, *Plastics – Determination of compressive properties*

ISO 1183:1987, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics*

ISO 5893:2002, *Rubber and plastics test equipment – Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) – Specification*

### 3 Conditionnement

Sauf spécification contraire, les éprouvettes doivent être conditionnées, immédiatement avant l'essai, pendant au moins 24 h, en atmosphère normalisée de type B, conformément à la CEI 60212, à la température de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  et à une humidité relative de  $(50 \pm 5)\%$ .

Sauf spécification contraire, chaque éprouvette doit être essayée dans l'atmosphère de conditionnement sinon les essais doivent débiter dans les 3 min qui suivent le retrait de chaque éprouvette de l'atmosphère de conditionnement.

### 4 Dimensions

#### 4.1 Dimensions extérieures

##### 4.1.1 Appareil d'essai

Les dimensions extérieures des tubes et des barres rectangulaires, ainsi que la distance sur plats d'une barre hexagonale doivent être déterminées en utilisant un instrument permettant la mesure avec une précision de  $\pm 0,02\text{ mm}$  ou mieux. Celui-ci peut être un micromètre ou un pied à coulisse. Dans le cas d'un micromètre, les touches de mesure doivent avoir 6 mm à 8 mm de diamètre, être planes à 0,01 mm près et parallèles à 0,003 mm près.

Tout autre moyen de mesure pour lequel la démonstration peut être faite qu'il donne le même résultat est autorisé mais, en cas de contestation, le micromètre ou le pied à coulisse doit être utilisé.

##### 4.1.2 Mode opératoire

###### 4.1.2.1 Dimensions extérieures des sections rectangulaires et carrées

Dans les conditions de réception, mesurer les deux dimensions (distance entre faces opposées de la barre ou du tube) en trois différents plans perpendiculaires à l'axe. En général, les mesures doivent être faites au milieu et à chaque extrémité du tube ou de la barre, mais pas à moins de 20 mm des extrémités. Noter les trois résultats obtenus pour chacune des deux dimensions, à 0,02 mm près.

###### 4.1.2.2 Dimensions extérieures des sections hexagonales

Dans les conditions de réception, mesurer la distance entre faces opposées de la barre en trois différents plans perpendiculaires à l'axe. En général, les mesures doivent être faites au milieu et à chaque extrémité, mais pas à moins de 20 mm des extrémités. Noter les trois résultats obtenus pour chacune des trois dimensions, à 0,02 mm près.

##### 4.1.3 Résultats

Dans le cas de barre ou de tube rectangulaire ou carré, consigner les valeurs moyenne arithmétique, minimale et maximale en millimètres des deux dimensions de la barre ou du tube. Dans le cas de barre hexagonale, consigner les valeurs moyenne arithmétique, minimale et maximale en millimètres de la distance sur plats.

#### 4.2 Dimensions intérieures

##### 4.2.1 Appareil d'essai

Les dimensions internes des tubes carrés ou rectangulaires doivent être mesurées en utilisant un instrument permettant la mesure avec une précision de 0,02 mm ou mieux. Celui-ci peut être, soit un micromètre, soit un pied à coulisse.

### 3 Conditioning

Unless otherwise specified, test specimens shall be conditioned immediately prior to testing for at least 24 h in standard atmosphere B according to IEC 60212 at a temperature of  $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ , and a relative humidity of  $(50 \pm 5)\%$ .

Unless otherwise specified, each specimen shall be tested in the conditioning atmosphere or the tests shall commence within 3 min of removal of each specimen from the conditioning atmosphere.

### 4 Dimensions

#### 4.1 External dimensions

##### 4.1.1 Test apparatus

The external dimensions of rectangular tubes and rods and the distance between faces of a hexagonal rod shall be determined using an instrument capable of measuring with an accuracy of  $\pm 0,02\text{ mm}$  or better. This may be either a screw type micrometer gauge or a slide gauge (Vernier caliper). In the case of a screw type micrometer, the measuring faces shall be 6 mm to 8 mm in diameter, flat to within 0,01 mm and parallel to within 0,003 mm.

Any other means of measurement which can be shown to give the same results is permissible but, in case of dispute, the screw type micrometer or the slide gauge shall be used.

##### 4.1.2 Procedure

###### 4.1.2.1 External dimensions of rectangular and square sections

In the 'as received' condition, measure the two dimensions (distance between opposite faces of the rod or tube) in three different planes perpendicular to the axis. In general, the measurements shall be made in the middle and at each end of the tube or rod, but not less than 20 mm from the ends. Record the three results obtained for each of the two dimensions to the nearest 0,02 mm.

###### 4.1.2.2 External dimensions of hexagonal sections

In the 'as received' condition, measure the distances between opposite faces of the rod in three different planes perpendicular to the axis. In general, the measurements shall be made in the middle and at each end, but not less than 20 mm from the ends. Record the three results obtained for each of the three dimensions to the nearest 0,02 mm.

##### 4.1.3 Results

In the case of a rectangular or square rod or tube, report the arithmetic mean, minimum and maximum values in millimetres of the two dimensions of the rod or tube. In the case of a hexagonal rod, report the arithmetic mean, minimum and maximum values in millimetres of the distances between opposite faces of the rod.

#### 4.2 Internal dimensions

##### 4.2.1 Test apparatus

The internal dimensions of square or rectangular tube shall be determined using an instrument capable of measuring with an accuracy of 0,02 mm or better. This may be either a screw type micrometer gauge or a slide gauge (Vernier caliper).

Tout autre moyen de mesure pour lequel la démonstration peut être faite qu'il donne le même résultat est autorisé mais, en cas de contestation, le micromètre ou le pied à coulisse doit être utilisé.

#### **4.2.2 Mode opératoire**

Dans les conditions de réception, mesurer les deux dimensions intérieures (distance entre faces opposées du tube) dans un plan perpendiculaire à l'axe, à chaque extrémité du tube. Les dimensions doivent être mesurées en trois emplacements, approximativement au milieu et tout près des angles de la section transversale. Consigner les résultats obtenus.

#### **4.2.3 Résultats**

Consigner la moyenne arithmétique des mesures faites pour chacune des deux dimensions intérieures. Consigner aussi les valeurs minimale et maximale mesurées.

### **4.3 Epaisseur de paroi**

#### **4.3.1 Appareil d'essai**

L'épaisseur de paroi des tubes carrés ou rectangulaires doit être déterminée en utilisant un instrument permettant la mesure avec une précision de 0,02 mm ou mieux. Celui-ci peut être soit un pied à coulisse, soit un micromètre d'intérieur à becs permettant de faire les mesures tout près des angles du tube.

Tout autre moyen de mesure pour lequel la démonstration peut être faite qu'il donne le même résultat est autorisé, mais en cas de contestation, le micromètre ou le pied à coulisse doit être utilisé.

#### **4.3.2 Mode opératoire**

Mesurer l'épaisseur de paroi du tube à l'état de réception. Mesurer à chaque extrémité du tube l'épaisseur de quatre parois différentes, tout près des angles et approximativement au milieu. Consigner les résultats obtenus.

#### **4.3.3 Résultats**

Consigner la moyenne arithmétique des valeurs mesurées à 0,02 mm près, comme étant l'épaisseur de paroi du tube. Consigner également les valeurs minimale et maximale enregistrées.

### **4.4 Défaut de rectitude – S'applique à tous les tubes et à toutes les barres**

#### **4.4.1 Eprouvettes**

L'éprouvette doit être le tube ou la barre soumis à l'essai. Si besoin, il est recommandé que le tube ou la barre soit affranchi à la longueur de façon à ôter les excès de résine ou éclats des extrémités avant de procéder à l'essai

#### **4.4.2 Méthode**

La longueur du tube ou de la barre doit être mesurée en millimètres à 1,0 mm près et enregistrée. Le tube ou la barre doit alors être placé sur une surface plane, horizontale. Le tube ou la barre est ensuite tourné de façon que chaque face soit tour à tour en contact avec la surface, jusqu'à une position où les extrémités sont en contact avec celle-ci et l'intervalle l'en séparant est maximal.

Le tube ou la barre est alors maintenu dans cette position sans appliquer de pression qui pourrait le déformer. L'intervalle maximal entre la barre ou le tube et la surface plane horizontale doit être mesuré, en utilisant des jauges de contact ou des cales d'épaisseur.

Any other means of measurement, which can be shown to give the same results, is permissible, but in case of dispute, the screw type micrometer or the slide gauge shall be used.

#### **4.2.2 Procedure**

In the 'as received' condition, measure the two internal dimensions (distance between opposite internal faces of the tube) in a plane perpendicular to the axis at each end of the tube. The dimensions shall be measured in three places approximately in the middle and close to the corners of the cross-section. Record the results obtained.

#### **4.2.3 Results**

Report the arithmetic mean of the measurements taken for each of the two internal dimensions. Report also the minimum and maximum values measured.

### **4.3 Wall thickness**

#### **4.3.1 Test apparatus**

The wall thickness of square or rectangular tubes shall be determined using an instrument capable of measuring with an accuracy of 0,02 mm or better. This may be either a slide gauge (Vernier caliper) or a screw type micrometer gauge with a pin foot, which allows measurements to be made close to the corners of the tube.

Any other means of measurement, which can be shown to give the same results, is permissible but, in case of dispute, the screw type micrometer or the slide gauge shall be used.

#### **4.3.2 Procedure**

Measure the wall thickness of the tube in the 'as received' condition. Measure at each end of the tube, the thickness of the four different walls close to the corners and approximately in the middle. Record the results obtained.

#### **4.3.3 Results**

Report the arithmetic mean of the measured values to the nearest 0,02 mm as the wall thickness of the tube. Report also the minimum and maximum values recorded.

### **4.4 Departure from straightness – Applicable to all tubes and rods**

#### **4.4.1 Test specimens**

The test specimen shall be the tube or rod under test. Where appropriate, the tube or rod should be trimmed to length so as to remove excess resin or flashing from the ends prior to carrying out the test.

#### **4.4.2 Method**

The length of the tube or rod shall be measured in millimetres to the nearest 1,0 mm and recorded. The tube or rod shall then be placed with one face on a flat, horizontal surface. The tube or rod is then turned so that each face in turn is in contact with the surface until the position where the ends are in contact with the surface and the maximum gap occurs.

The tube or rod is then maintained in this position without applying any pressure, which may deform it. Measure the maximum gap between the rod or tube and the flat horizontal surface, using feeler gauges or slip gauges.

NOTE Dans l'éventualité où le centre du tube ou de la barre aurait une plus grande section transversale et où les extrémités ne toucheraient pas la surface plane horizontale, mesurer l'intervalle à chaque extrémité du tube ou de la barre et enregistrer la différence des deux lectures aux extrémités.

### 4.4.3 Résultats

Consigner la valeur maximale obtenue, en millimètres à 0,1 mm près, comme étant le défaut de rectitude de la barre ou du tube soumis à l'essai. La méthode de calcul du défaut de rectitude autorisé, en fonction de la longueur est donné dans la CEI 62011-3.

## 5 Essais mécaniques

### 5.1 Résistance à la flexion perpendiculairement aux couches (barres uniquement)

#### 5.1.1 Généralités

La résistance à la flexion doit être déterminée suivant la méthode spécifiée dans l'ISO 178. La machine d'essai doit être conforme à l'ISO 5893.

NOTE 1 Cette méthode donne une information qui est utile pour la spécification des matériaux, mais il convient de ne pas utiliser cette information pour des calculs de structure. La préparation des éprouvettes peut libérer des contraintes résiduelles dans la barre et les résultats peuvent ne pas correspondre aux véritables propriétés de flexion.

NOTE 2 Pour les matériaux décrits dans la présente norme, la résistance à la flexion et la contrainte de flexion à la rupture peuvent être considérées comme étant les mêmes.

#### 5.1.2 Eprouvettes

Cinq éprouvettes doivent être essayées. Chaque éprouvette doit être constituée d'un morceau de la barre soumise à l'essai, à l'état de réception, sauf pour ce qui est décrit en 5.1.2.1 et 5.1.2.2 ci-après. La longueur de chaque éprouvette doit être de 22 fois son épaisseur et elle doit être prélevée dans le sens de l'axe longitudinal de la barre soumise à l'essai.

##### 5.1.2.1 Barres rectangulaires

Si la distance sur plats d'une barre rectangulaire est inférieure ou égale à 10 mm, dans un sens ou dans l'autre, alors, la barre hexagonale doit être essayée à l'état de réception.

Si la distance sur plats d'une barre rectangulaire est inférieure ou égale à 10 mm pour une dimension et supérieure à 15 mm pour l'autre dimension, alors la plus grande dimension doit être réduite à  $(15 \pm 0,5)$  mm par usinage.

Si la distance sur plats d'une barre rectangulaire excède 10 mm, celle-ci doit être ramenée par usinage à une section transversale rectangulaire d'épaisseur aussi proche que possible de 10 mm, par enlèvement d'une quantité égale sur chacune des faces supérieure et inférieure. Quand les éprouvettes sont usinées dans la barre de cette façon, la largeur de l'éprouvette doit être la distance sur plats d'origine, sauf lorsqu'elle excède 15 mm, auquel cas la largeur de l'éprouvette doit être réduite à  $(15 \pm 0,5)$  mm, par usinage.

##### 5.1.2.2 Barres hexagonales

Si la distance sur plats d'une barre hexagonale est inférieure ou égale à 10 mm, dans un sens ou dans l'autre, alors la barre hexagonale doit être essayée à l'état de réception.

Si la distance sur plats d'une barre hexagonale excède 10 mm, la barre doit être ramenée par usinage à une section rectangulaire. La largeur de l'éprouvette doit être la distance sur plats sauf lorsqu'elle excède 15 mm. Dans ce cas, elle doit être réduite à  $(15 \pm 0,5)$  mm par usinage d'approximativement la même quantité sur chacune des faces opposées.

NOTE In the event that the centre of the tube or rod has a larger cross-section, and the ends do not touch the flat, horizontal surface, measure the gap at each end of the tube or rod, and record the difference of the two readings at the ends.

#### 4.4.3 Results

Report the maximum value obtained in millimetres to the nearest 0,1 mm as the departure from straightness of the rod or tube under test. The method of calculation for the permissible departure from straightness as function of the length is given in IEC 62011-3.

### 5 Mechanical tests

#### 5.1 Flexural strength perpendicular to laminations (rods only)

##### 5.1.1 General

The flexural strength shall be determined by the method specified in ISO 178. The test instrument shall comply with ISO 5893.

NOTE 1 This method provides information, which is useful for the specification of materials, but the information should not be used for structural calculations. Preparation of specimens may release residual stresses in the rod and the results may not correlate with the true flexural properties.

NOTE 2 For the materials described in this standard, the flexural strength and the flexural stress at rupture can be regarded as the same.

##### 5.1.2 Test specimens

Five specimens shall be tested. Each specimen shall be a piece of the rod in the 'as received' condition, except as described in 5.1.2.1 and 5.1.2.2 below. The length of each specimen shall be 22 times the specimen thickness and shall be cut in the direction of main axis of the rod under test.

###### 5.1.2.1 Rectangular rods

If the distance between faces of a rectangular rod is less than or equal to 10 mm, in either direction, then the rectangular rod shall be tested in the "as received" condition.

If the distance between faces of a rectangular rod is less than or equal to 10 mm in one dimension, and greater than 15 mm in the other dimension, then the larger dimension shall be reduced to  $(15 \pm 0,5)$  mm by machining.

If the distance between faces of a rectangular rod exceeds 10 mm, the rod shall be machined to a rectangular cross-section of thickness as near as possible to 10 mm by removing equal amounts from each of the top and bottom faces. When specimens are machined from the rod in this manner, the width of the specimen shall be the distance between the original faces, except where this exceeds 15 mm, in which case the width of the specimen shall be reduced to  $(15 \pm 0,5)$  mm by machining.

###### 5.1.2.2 Hexagonal rods

If the distance between faces of a hexagonal rod is less than or equal to 10 mm, then the rod shall be tested in the "as received" condition.

If the distance between faces of a hexagonal rod exceeds 10 mm, the rod shall be machined to a rectangular cross-section. The width of the specimen shall be the distance between two of the original opposing faces except where this exceeds 15 mm, in which case it shall be reduced to  $(15 \pm 0,5)$  mm by machining approximately equal amounts from each opposing face.

L'épaisseur préférentielle de l'éprouvette est 10 mm. Cela est obtenu par enlèvement d'approximativement la même quantité sur ses faces supérieure et inférieure. Dans le cas de barres plus petites dans lesquelles une éprouvette d'épaisseur 10 mm ne peut être obtenue, l'éprouvette doit être aussi épaisse que possible.

### 5.1.3 Mode opératoire

Mesurer les dimensions de chaque éprouvette en utilisant un instrument permettant la mesure avec une précision de 0,02 mm ou mieux. Celui-ci peut être soit un micromètre, soit un pied à coulisse.

Dans le cas d'éprouvettes rectangulaires, mesurer l'épaisseur de l'éprouvette à 0,02 mm près, et la largeur de l'éprouvette à 0,1 mm près. Dans le cas de barres hexagonales, mesurer et enregistrer la distance sur plats à 0,02 mm près.

La distance entre les supports de la machine d'essai doit être de 15 fois à 17 fois l'épaisseur mesurée (ou, dans le cas de barres hexagonales, 15 fois à 17 fois la distance sur plats). La portée doit être mesurée à 0,5 % près.

Toutes les éprouvettes rectangulaires doivent être placées de sorte que la surface la plus large repose sur les deux supports de la machine d'essai, au cours de l'essai.

La vitesse d'essai doit être de 5 mm/min ± 20 %.

Mesurer et enregistrer la force maximale  $F$ , en newtons, développée au cours de l'essai de chaque éprouvette et calculer la résistance à la flexion en utilisant la formule appropriée ci-après.

Pour les barres rectangulaires et les éprouvettes rectangulaires usinées dans des grosses barres hexagonales:

$$\text{Résistance à la flexion} = \frac{1,5 FL}{bh^2}$$

où

- $F$  est la force à la rupture, en newtons (N);
- $L$  est la distance entre les supports, en millimètres;
- $b$  est la largeur de l'éprouvette, en millimètres;
- $h$  est l'épaisseur de l'éprouvette, en millimètres.

Pour les petites barres hexagonales:

$$\text{Résistance à la flexion} = \frac{2,8 FL}{D^3}$$

où

- $F$  est la force à la rupture, en newtons (N);
- $L$  est la distance entre les supports, en millimètres;
- $D$  est la distance sur plats de l'éprouvette, en millimètres.

### 5.1.4 Résultats

Enregistrer la moyenne arithmétique des cinq résultats obtenus comme étant la résistance à la flexion de la barre soumise à l'essai.

The preferred specimen thickness is 10 mm. This is achieved by removal of approximately equal amounts from the top and bottom faces of the specimen. In the case of smaller rods where a specimen thickness of 10 mm cannot be realised, the sample shall be as thick as possible.

### 5.1.3 Procedure

Measure the dimensions of each test specimen using an instrument capable of measuring to an accuracy of 0,02 mm or better. This may be either a screw type micrometer gauge or a slide gauge (Vernier caliper).

In the case of rectangular specimens, measure the thickness of the specimens to the nearest 0,02 mm and the width of the specimens to the nearest 0,1 mm. In the case of hexagonal rods, measure and record the distance between faces to the nearest 0,02 mm.

The distance between the supports of the testing machine shall be 15 times to 17 times the measured thickness (or, in the case of hexagonal rods, 15 times to 17 times the measured distance between faces). The span shall be measured to within 0,5 %.

All rectangular test specimens shall be positioned so that the wider surface rests on the two supports of the testing machine during the test.

The rate of loading shall be 5 mm/min  $\pm$  20 %.

Measure and record the maximum force  $F$  in Newtons developed during the test for each specimen and calculate the flexural strength using the appropriate formula below.

For rectangular rods and rectangular specimens machined from large hexagonal rods:

$$\text{Flexural strength} = \frac{1,5 FL}{bh^2}$$

where

$F$  is the force at rupture, in Newtons (N);

$L$  is the distance between supports, in millimetres;

$b$  is the width of the specimen, in millimetres;

$h$  is the thickness of the specimen, in millimetres.

For small hexagonal rods:

$$\text{Flexural strength} = \frac{2,8FL}{D^3}$$

where

$F$  is the force at rupture, in Newtons (N);

$L$  is the distance between supports, in millimetres;

$D$  is the distance between the flats of the specimen, in millimetres.

### 5.1.4 Results

Report the arithmetic mean of the five results obtained as the flexural strength of the rod under test.

## 5.2 Résistance à la compression axiale (pour les tubes uniquement)

### 5.2.1 Généralités

La méthode suivante est basée sur l'ISO 604. La machine d'essai doit être conforme à l'ISO 5893.

NOTE Selon l'ISO 604, la résistance à la compression axiale est la contrainte de compression maximale supportée par l'éprouvette au moment de la rupture pendant un essai de compression dans le sens axial. Pour les matériaux décrits dans la présente norme, la résistance à la compression axiale et la contrainte de compression à la rupture peuvent être considérées comme étant les mêmes.

### 5.2.2 Epreuves

Les éprouvettes doivent avoir la forme d'un tube rectangulaire de longueur  $L$ , en millimètres, avec:

$$L = \frac{b + h}{2}$$

où  $b$  et  $h$  sont les dimensions des côtés extérieurs en millimètres du tube rectangulaire soumis à l'essai.

Si les dimensions de l'éprouvette tubulaire sont telles que la capacité de la machine d'essai ou de l'outil de compression est dépassée, les éprouvettes doivent être usinées dans la paroi du tube soumis à l'essai conformément aux dimensions recommandées indiquées dans le Tableau 1 de l'ISO 604 pour l'éprouvette de Type B.

Dans tous les cas, l'axe de l'éprouvette doit être parallèle à l'axe principal du tube soumis à l'essai. Les extrémités de chaque éprouvette doivent être coupées à 90° par rapport à l'axe principal du tube. Les extrémités doivent être parallèles entre elles à moins de 0,1 % de la longueur de l'éprouvette et la longueur des éprouvettes doit être dans les  $\pm 0,5$  mm de la valeur pour  $L$  calculée ci-dessus.

### 5.2.3 Mode opératoire

Cinq éprouvettes doivent être essayées à l'état de réception.

Pour des éprouvettes tubulaires rectangulaires, mesurer les dimensions extérieures  $b$  et  $h$  et les dimensions intérieures  $b_i$  et  $h_i$  de chaque éprouvette, à 0,02 mm près et calculer la surface de la section droite  $A$ :

$$A = (b \times h) - (b_i \times h_i)$$

Pour des éprouvettes rectangulaires prélevées dans la paroi du tube, mesurer les dimensions des deux côtés  $b$  et  $h$  à 0,02 mm près et calculer la surface de la section droite de chaque éprouvette.

$$A = (b \times h)$$

Placer l'éprouvette entre les plateaux de compression en s'assurant que les extrémités sont parallèles et sont bien en contact avec les surfaces des plateaux. Aligner l'axe principal de l'éprouvette avec l'axe principal des plateaux de compression. Régler la machine pour que les surfaces des extrémités de l'éprouvette et du plateau de compression soient juste en contact.

Régler la vitesse de la machine à la vitesse demandée pour l'essai. La vitesse de déformation,  $\delta$ , dépend de la hauteur de l'éprouvette et est donnée, en mm/min, par la formule suivante:

$$\delta = 0,3 \times L$$

où  $L$  est la longueur de l'éprouvette, en millimètres.

## 5.2 Axial compressive strength (tubes only)

### 5.2.1 General

The following method is based on ISO 604. The test instrument shall comply with ISO 5893.

NOTE According to ISO 604, the axial compressive strength is the maximum compressive stress carried by the test specimen at the moment of rupture during a compressive test in the axial direction. For the materials described in this standard, the axial compressive strength and the axial compressive stress at rupture can be regarded as the same.

### 5.2.2 Test specimens

The test specimens shall be in the form of a rectangular tube of length  $L$  in millimetres, with

$$L = \frac{b + h}{2}$$

where  $b$  and  $h$  are the external side dimensions in millimetres of the rectangular tube under test.

If the dimensions of the tubular specimen are such that the capacity of the testing machine or the compression tool are exceeded, specimens shall be machined from the wall of the tube under test in accordance with the recommended dimensions given in Table 1 of ISO 604 for a Type B specimen.

In all cases, the axis of the specimen shall be parallel to the main axis of the tube under test. The ends of each specimen shall be cut at 90° to the main axis of the tube. The cut ends shall be parallel to within 0,1 % of the length of the specimen and the length of the specimens shall be within ±0,5 mm of the value for  $L$  calculated above.

### 5.2.3 Procedure

Five specimens shall be tested in the 'as received' condition.

For rectangular tubular specimens, measure the external dimensions  $b$  and  $h$  and the internal dimensions  $b_i$  and  $h_i$  of each test specimen to the nearest 0,02 mm and calculate the cross-sectional area  $A$ :

$$A = (b \times h) - (b_i \times h_i)$$

For rectangular specimens cut from the wall of the tube, measure the dimensions of the two sides  $b$  and  $h$  to the nearest 0,02 mm and calculate the cross-sectional area of each test specimen:

$$A = (b \times h)$$

Place the test specimen between the compression plates ensuring that the ends are parallel to and make good contact with the surfaces of the plates. Align the centre line of the specimen through the centre line of the compression tool. Adjust the machine so that the surfaces of the compression plate just touch the ends of the test specimen.

Set the machine speed to give the required speed of testing. The rate of deformation,  $\delta$ , is dependent on the height of the test specimen and given, in mm/min, by the following formula:

$$\delta = 0,3 \times L$$

where  $L$  is the length of the specimen in millimetres.

Mettre en marche la machine et enregistrer la charge totale, en newtons, supportée par l'éprouvette au moment de la rupture.

#### 5.2.4 Résultats

Calculer la résistance à la compression en MPa en divisant la charge au moment de la rupture par la surface initiale minimale de la section droite en mm<sup>2</sup> avec trois chiffres significatifs.

Consigner la moyenne arithmétique des cinq résultats individuels comme étant la résistance à la compression à la rupture, dans le sens axial, du tube ou de la barre soumis à l'essai. Consigner également les valeurs minimale et maximale.

## 6 Essais électriques

### 6.1 Généralités

La rigidité diélectrique et la tension de claquage doivent être déterminées par les méthodes spécifiées dans la CEI 60243-1 qui décrit à la fois l'essai par paliers et l'essai de contrôle de 60 s. Sauf spécification contraire, l'essai doit être fait à  $90\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  dans de l'huile minérale telle que décrite dans la CEI 60296, qui soit raisonnablement exempte de produits de décomposition. Immerger les éprouvettes dans l'huile maintenue à cette température pendant au moins 0,5 h et pas plus de 1 h immédiatement avant l'essai.

#### 6.1.1 Tension de claquage parallèlement aux couches

##### 6.1.1.1 Eprouvettes

Trois éprouvettes doivent être essayées.

**6.1.1.1.1** Pour un tube ou une barre ayant une ou les deux dimensions extérieures supérieures à 10 mm jusques et y compris 100 mm, les éprouvettes d'essai sont des sections prélevées dans le tube ou la barre.

**6.1.1.1.2** Pour un tube ou une barre ayant une ou les deux dimensions extérieures supérieures à 100 mm, des éprouvettes rectangulaires sont obtenues par usinage de la barre ou de la paroi du tube. Les dimensions préférentielles de l'éprouvette usinée sont 100 mm de long  $\times$  25 mm de haut  $\times$  12 mm d'épaisseur.

**6.1.1.1.3** Pour un tube d'épaisseur de paroi inférieure à 12 mm ou une barre ayant une largeur minimale inférieure à 12 mm, l'épaisseur des éprouvettes doit être la même que l'épaisseur de paroi du tube ou la largeur minimale de la barre.

Les extrémités de l'éprouvette doivent être des plans parallèles lisses et doivent être coupées perpendiculairement à l'axe principal du tube ou de la barre. La hauteur des éprouvettes doit être de  $(25 \pm 0,2)$  mm.

##### 6.1.1.2 Mode opératoire

La tension de claquage doit être déterminée par les méthodes spécifiées dans la CEI 60243-1 qui décrit à la fois l'essai par paliers et l'essai de contrôle de 60 s. L'une ou l'autre méthode d'essai peut être utilisée. Sauf spécification contraire, l'essai doit être fait à  $90\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  dans de l'huile minérale telle que décrite dans la CEI 60296, qui soit raisonnablement exempte de produits de décomposition. Immerger les éprouvettes dans l'huile maintenue à cette température pendant au moins 0,5 h et pas plus de 1 h immédiatement avant l'essai.

Start the machine and record the total load, in Newtons, carried by the test specimen at the moment of rupture.

#### **5.2.4 Results**

Calculate the compressive strength in MPa by dividing the load at the moment of rupture by the original minimum cross-sectional area in mm<sup>2</sup> to three significant figures.

Report the arithmetic mean of the five individual results as the compressive strength at rupture in the axial direction of the tube or rod under test. Report also the minimum and the maximum values.

## **6 Electrical tests**

### **6.1 General**

Electric strength and breakdown voltage shall be determined by the methods specified in IEC 60243-1, which describes both the step-by-step and 60 s proof tests. Either test method may be used. Unless otherwise specified, the test shall be carried out at 90 °C ± 2 K in mineral oil as described in IEC 60296, which is reasonably free from decomposition products. Immerse the specimens in oil maintained at that temperature for not less than 0,5 h and not more than 1 h immediately before test.

#### **6.1.1 Breakdown voltage parallel to laminations**

##### **6.1.1.1 Test specimens**

Three specimens shall be tested.

**6.1.1.1.1** For a tube or rod with one or both of the external dimensions greater than 10 mm and up to and including 100 mm, the test specimens are sections cut from the tube or rod.

**6.1.1.1.2** For a tube or rod with one or both external dimensions greater than 100 mm, rectangular specimens are machined from the rod or from the wall of the tube. The preferred dimensions for a machined specimen are 100 mm long × 25 mm high × 12 mm thick.

**6.1.1.1.3** For a tube of wall thickness less than 12 mm or a rod with a minimum width of less than 12 mm, the thickness of the specimens shall be the same as the wall thickness of the tube or the minimum width of the rod.

The ends of the specimens shall be smooth parallel planes and shall be cut perpendicular to the main axis of the tube or rod. The height of the specimens shall be (25 ± 0,2) mm.

##### **6.1.1.2 Procedure**

Breakdown voltage shall be determined by the methods specified in IEC 60243-1, which describes both the step-by-step and 60 s proof tests. Either test method may be used. Unless otherwise specified, the test shall be carried out at 90 °C ± 2 K in mineral oil as described in IEC 60296, which is reasonably free from decomposition products. Immerse the specimens in oil maintained at that temperature for not less than 0,5 h and not more than 1 h immediately before test.

S'assurer que l'intérieur du tube est bien plein d'huile avant de commencer l'essai. Cela peut être obtenu en insérant l'éprouvette entre les électrodes après que celles-ci aient été immergées dans l'huile.

### 6.1.1.3 Résultats

Enregistrer les résultats obtenus pendant l'essai de tension de claquage et consigner la moyenne arithmétique des valeurs mesurées en kV comme étant la tension de claquage parallèlement aux couches.

## 6.1.2 Rigidité diélectrique perpendiculairement aux couches (cet essai s'applique uniquement aux tubes)

### 6.1.2.1 Epreuves

Trois éprouvettes doivent être essayées.

Chaque éprouvette doit être une portion de tube de longueur au moins égale à 100 mm.

L'électrode extérieure doit être une bande de métal de  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de large entourant fermement le tube.

L'électrode intérieure doit être constituée d'un conducteur métallique étroitement ajusté (barre, tube, feuille métallique ou empilement de billes (0,75 mm à 2,0 mm de diamètre)) assurant un bon contact avec la surface intérieure du tube. Les extrémités de l'électrode intérieure doivent dépasser celles de l'électrode extérieure de 25 mm au moins.

### 6.1.2.2 Mode opératoire

La rigidité diélectrique doit être déterminée par les méthodes spécifiées dans la CEI 60243-1 qui décrit à la fois l'essai par paliers et l'essai de contrôle de 60 s. L'une ou l'autre méthode d'essai peut être utilisée. Sauf spécification contraire, l'essai doit être fait à  $90 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$  dans de l'huile minérale telle que décrite dans la CEI 60296, qui soit raisonnablement exempte de produits de décomposition. Immerger les éprouvettes dans l'huile maintenue à cette température pendant au moins 0,5 h et pas plus de 1 h immédiatement avant l'essai.

### 6.1.2.3 Résultats

Enregistrer les résultats obtenus pendant l'essai de rigidité diélectrique perpendiculairement aux couches et consigner la moyenne arithmétique des valeurs mesurées en kV/mm comme étant la rigidité diélectrique du tube.

## 6.2 Résistance d'isolement après immersion dans l'eau

La résistance d'isolement après immersion dans l'eau doit être déterminée par la méthode des électrodes en forme de broches coniques spécifiée dans la CEI 60167. Deux éprouvettes doivent être essayées.

### 6.2.1 Epreuves pour les tubes

L'essai s'applique uniquement aux tubes dont la largeur intérieure est supérieure ou égale à 12 mm, ou aux tubes dont l'épaisseur de paroi est inférieure ou égale à 10 mm.

Lorsque le tube moulé présente une ligne visible sur une de ses faces, au plan de joint des deux moitiés du moule, effectuer l'un des essais le long de ce plan de joint et le deuxième à  $90^\circ$  de celui-ci.

Les broches coniques ne doivent être insérées que dans une seule paroi du tube.

Ensure that the bore of the tube is completely filled with oil before commencement of the test. This may be achieved by inserting the specimen into the electrodes after the electrodes have been immersed in the oil.

### 6.1.1.3 Results

Record the results obtained during the breakdown voltage test and report the arithmetic mean of the measured values in kV as the breakdown voltage parallel to laminations.

## 6.1.2 Electric strength perpendicular to laminations (applicable for tubes only)

### 6.1.2.1 Test specimens

Three specimens shall be tested.

Each specimen shall be a section of tube not less than 100 mm in length.

The outer electrode shall be a band of metal foil, 25 mm ± 1 mm wide wrapped tightly around the tube.

The inner electrode shall be a closely fitting metal conductor (rod, tube, metal foil or a packing of metal spheres (0,75 mm to 2,0 mm in diameter)) making good contact with the inner surface of the tube. The ends of the inner electrode shall extend for at least 25 mm beyond the ends of the outer electrode.

### 6.1.2.2 Procedure

The electric strength shall be determined by the methods specified in IEC 60243-1, which describes both the step-by-step and 60 s proof tests. Either test method may be used. Unless otherwise specified, the test shall be carried out at 90 °C ± 2 K in mineral oil as described in IEC 60296, which is reasonably free from decomposition products. Immerse the specimens in oil maintained at that temperature for not less than 0,5 h and not more than 1 h immediately before test.

### 6.1.2.3 Results

Record the results obtained during the electric strength perpendicular to laminations test and report the arithmetic mean of the measured values in kV/mm as the electric strength of the tube or rod.

## 6.2 Insulation resistance after immersion in water

Insulation resistance after immersion in water shall be determined by the taper-pin method specified in IEC 60167. Two specimens shall be tested.

### 6.2.1 Tube specimens

The test is only applicable for tubes where the internal width of the tube is equal to or greater than 12 mm or where the wall thickness is equal to or less than 10 mm.

Where the moulded tube exhibits a visible line on one of the faces at the point where the two halves of the mould meet, perform one of the tests along the mould line and the second test at 90° to the mould line.

The taper pins shall be inserted through one wall of the tube only.

### 6.2.2 Eprouvettes pour les barres

Dans le cas de barres hexagonales ou rectangulaires moulées, si les barres ont une distance minimale sur plats inférieure à 25 mm, les échantillons d'essai sont tirés de la barre soumise à l'essai et les échantillons sont préparés en utilisant la distance minimale sur plats, comme épaisseur de l'échantillon.

Lorsque la distance minimale sur plats est supérieure à 25 mm, l'épaisseur de l'échantillon doit être réduite par usinage d'une face pour obtenir une épaisseur finale de l'échantillon de 22,5 mm.

Lorsque le tube moulé présente une ligne visible sur une de ses faces, au plan de joint des deux moitiés du moule, effectuer l'un des essais le long de ce plan de joint et le deuxième à 90° de celui-ci.

### 6.2.3 Méthode d'essai

Conditionner les échantillons pendant  $(24 \pm 1)$  h dans une étuve à  $50 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ . Les refroidir dans un dessiccateur à la température ambiante puis les immerger pendant  $(24 \pm 1)$  h supplémentaires dans de l'eau distillée ou déionisée, à la température de  $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ .

Après l'immersion, sortir les échantillons de l'eau et les sécher en les essuyant avec un chiffon propre ou du papier filtre. Introduire les broches coniques et mesurer la résistance d'isolement à  $25 \text{ °C} \pm 10 \text{ K}$ , dans une atmosphère dont l'humidité relative n'excède pas 75 %.

Appliquer la tension d'essai de 500 V conformément à la méthode décrite dans la CEI 60167 dans la minute qui suit le retrait des échantillons de l'eau.

Mesurer la résistance d'isolement après 1 min d'application de la tension.

### 6.2.4 Résultats

Enregistrer la plus basse des deux valeurs individuelles comme étant la résistance d'isolement après immersion dans l'eau, du tube ou de la barre soumis à l'essai.

## 7 Autres essais

### 7.1 Absorption d'eau

L'absorption d'eau doit être déterminée en utilisant la Méthode 1 de l'ISO 62.

#### 7.1.1 Eprouvettes

L'essai s'applique aux tubes et aux barres rectangulaires dont une dimension extérieure maximale n'excède pas 50 mm et aux barres hexagonales dont la distance maximale sur plats n'excède pas 50 mm.

NOTE Pour les besoins de contrôle de qualité, lorsque les tubes ou les barres excèdent ces dimensions, il est permis de réaliser un tube ou une barre plus petit en utilisant la même composition et le même procédé de fabrication que pour le tube soumis à l'essai.

Trois échantillons d'essai doivent être préparés conformément à 5.4 ou 5.5 de l'ISO 62.

### 6.2.2 Rod specimens

In the case of hexagonal or rectangular moulded rods, if the minimum distance between opposite faces is less than 25 mm, the test specimens are cut from the rod under test and the specimens are prepared using the minimum distance between faces as the thickness of the specimen.

Where the minimum distance between opposite faces is greater than 25 mm, the thickness of the specimen shall be reduced by machining one face so as to give a finished specimen thickness of 22,5 mm.

Where the moulded rod exhibits a visible line in one of the faces at the point where the two halves of the mould meet, perform one of the tests along this mould line and the second test 90° to the mould line.

### 6.2.3 Test method

Condition the test specimen for  $(24 \pm 1)$  h in an oven at  $50 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ . Cool in a desiccator to room temperature and then immerse for a further  $(24 \pm 1)$  h in distilled or de-ionized water at a temperature of  $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ .

After immersion, remove the test specimen from the water and wipe dry with a clean cloth or filter paper. Insert the taper pins and measure the insulation resistance at  $25 \text{ °C} \pm 10 \text{ K}$  in an atmosphere of not more than 75 % relative humidity.

Apply the test voltage of 500 V in accordance with the method described in IEC 60167 within one minute of the removal of the samples from the water.

Measure the insulation resistance after 1 min of applied voltage.

### 6.2.4 Results

Report the lower of the two individual values as the insulation resistance after immersion in water of the tube or rod under test.

## 7 Other tests

### 7.1 Water absorption

Water absorption shall be determined using Method 1 of ISO 62.

#### 7.1.1 Specimens

The test is applicable to rectangular tubes and rods with a maximum external dimension not exceeding 50 mm and to hexagonal rods with a maximum distance between opposite faces not exceeding 50 mm.

NOTE For quality control purposes, where tubes and rods exceed these dimensions, a smaller tube or rod may be produced using the same composition and under the same processing conditions as the tube or rod under test.

Three test specimens shall be prepared in accordance with 5.4 or 5.5 of ISO 62.

### 7.1.2 Mode opératoire

Conditionner les éprouvettes pendant  $(24 \pm 1)$  h dans une étuve à  $50 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ . Les refroidir dans un dessiccateur à la température ambiante puis les immerger pendant  $(24 \pm 1)$  h supplémentaires dans de l'eau distillée ou déionisée, à la température de  $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ . Après l'immersion, sortir l'éprouvette de l'eau et la sécher en l'essuyant avec un chiffon propre ou du papier filtre. Peser l'éprouvette dans la minute qui suit sa sortie de l'eau.

### 7.1.3 Résultats

Pour chaque éprouvette, calculer l'absorption d'eau par unité de surface totale, en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Enregistrer la valeur moyenne arithmétique des trois résultats individuels comme étant l'absorption d'eau du tube ou de la barre soumis à l'essai.

## 7.2 Masse volumique

La méthode préférée est la Méthode A décrite dans l'ISO 1183.

### 7.1.2 Method

Condition the test specimens for  $(24 \pm 1)$  h in an oven at  $50 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ . Cool in a desiccator to room temperature and then immerse for a further  $(24 \pm 1)$  h in distilled or de-ionized water at a temperature of  $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ . After immersion, remove the test specimen from the water and wipe dry with a clean cloth or filter paper. Weigh the specimens within one minute of removal from the water.

### 7.1.3 Results

For each test specimen, calculate the water absorption per unit of total surface area, in  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Report the arithmetic mean value of the three individual results as the water absorption of the tube or rod under test.

## 7.2 Density

The preferred method is Method A, as described in ISO 1183.

## Bibliographie

CEI 61212-1:1995, *Tubes et barres industriels, rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 62011-1:2002, *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 1: Définitions, désignations et exigences générales*

---

## Bibliography

IEC 61212-1:1995, *Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 1: General requirements*

IEC 62011-1:2002, *Insulating materials – Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 1: Definitions, designations and general requirements*

---

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



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



**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:

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





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.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

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



**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:

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



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-7339-8



9 782831 873398

---

**ICS 29.035.20**

---