

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1212-2**

Première édition
First edition
1995-07

**Tubes et barres industriels rigides, ronds,
stratifiés, à base de résines thermodurcissables,
à usages électriques –**

**Partie 2:
Méthodes d'essai**

**Industrial rigid round laminated tubes
and rods based on thermosetting resins
for electrical purposes –**

**Part 2:
Methods of test**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1212-2: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1212-2**

Première édition
First edition
1995-07

**Tubes et barres industriels rigides, ronds,
stratifiés, à base de résines thermodurcissables,
à usages électriques –**

**Partie 2:
Méthodes d'essai**

**Industrial rigid round laminated tubes
and rods based on thermosetting resins
for electrical purposes –**

**Part 2:
Methods of test**

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Références normatives	8
2 Conditionnement	10
3 Dimensions	10
3.1 Diamètre extérieur	10
3.2 Diamètre intérieur	12
3.3 Epaisseur de la paroi	14
3.4 Défaut de rectitude	14
4 Essais mécaniques	14
4.1 Contrainte de flexion à la rupture perpendiculairement aux couches	14
4.2 Résistance à la compression dans le sens axial	20
4.3 Cohésion entre couches	26
5 Essais électriques	28
5.1 Rigidité diélectrique et tension de claquage	28
5.2 Résistance d'isolement après immersion dans l'eau	30
5.3 Facteur de dissipation et permittivité (pour les tubes uniquement)	32
6 Endurance thermique	32
7 Essais physiques	32
7.1 Absorption d'eau	32
7.2 Masse volumique	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 General	9
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	9
2 Conditioning	11
3 Dimensions	11
3.1 External diameter	11
3.2 Internal diameter	13
3.3 Wall thickness	15
3.4 Departure from straightness	15
4 Mechanical tests	15
4.1 Flexural stress at rupture perpendicular to laminations	15
4.2 Compressive strength, axial	21
4.3 Cohesion between layers	27
5 Electrical tests	29
5.1 Electric strength and breakdown voltage	29
5.2 Insulation resistance after immersion in water	31
5.3 Dissipation factor and permittivity (tube only)	33
6 Thermal endurance	33
7 Physical tests	33
7.1 Water absorption	33
7.2 Density	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**TUBES ET BARRES INDUSTRIELS RIGIDES, RONDS, STRATIFIÉS,
À BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES,
À USAGES ÉLECTRIQUES –**

Partie 2: Méthodes d'essai

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 1212 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:

DIS	Rapport de vote
15C/470/DIS	15C/543/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

**INDUSTRIAL RIGID ROUND LAMINATED TUBES
AND RODS BASED ON THERMOSETTING RESINS
FOR ELECTRICAL PURPOSES –**

Part 2: Methods of test

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use 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.

International Standard IEC 1212-2 has been prepared by sub-committee 15C: Specifications, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

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

DIS	Report on voting
15C/470/DIS	15C/543/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.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 1212 fait partie d'une série traitant des tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques.

Cette série comporte trois parties:

- Partie 1: Prescriptions générales (CEI 1212-1)
- Partie 2: Méthodes d'essai (CEI 1212-2)
- Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers (CEI 1212-3)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61212-2:1995
Withdrawn

INTRODUCTION

This part of IEC 1212 is one of a series which deals with industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes.

The series consists of three parts:

- Part 1: General requirements (IEC 1212-1)
- Part 2: Methods of test (IEC 1212-2)
- Part 3: Specifications for individual materials (IEC 1212-3)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61212-2:1995
Withdrawn

TUBES ET BARRES INDUSTRIELS RIGIDES, RONDS, STRATIFIÉS, À BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES, À USAGES ÉLECTRIQUES –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Généralités

1.1 *Domaine d'application*

La présente partie de la Norme internationale CEI 1212 traite des méthodes d'essai relatives aux tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés à base de résines thermodurcissables, à usages électriques.

1.2 *Références normatives*

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1212. 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 1212 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 1212-1: 1995, *Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 1212-3, *Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers*

CEI 167: 1964, *Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides*

CEI 212: 1971, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 216-1: 1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Première partie: Guide général relatif aux méthodes de vieillissement et à l'évaluation des résultats d'essai*

CEI 216-2: 1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Deuxième partie: Choix de critères d'essai*

CEI 243-1: 1988, *Méthodes d'essai pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides – Première partie: Mesure aux fréquences industrielles*

INDUSTRIAL RIGID ROUND LAMINATED TUBES AND RODS BASED ON THERMOSETTING RESINS FOR ELECTRICAL PURPOSES –

Part 2: Methods of test

1 General

1.1 Scope

This part of International Standard IEC 1212 deals with the test methods for industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1212. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreement based on this part of IEC 1212 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 1212-1: 1995, *Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 1: General requirements*

IEC 1212-3, *Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

IEC 167: 1964, *Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials*

IEC 212: 1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 216-1: 1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 1: General guidelines for ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 216-2: 1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 2: Choice of test criteria*

IEC 243-1: 1988, *Methods of test for electric strength of solid insulating materials. Part 1: Tests at power frequencies*

CEI 250: 1969, *Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises)*

CEI 296: 1982, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

ISO 62: 1980, *Plastiques – Détermination de l'absorption d'eau*

ISO 178: 1975, *Matières plastiques – Détermination des caractéristiques de flexion des matières plastiques rigides*

ISO 604: 1973, *Matières plastiques – Détermination des caractéristiques en compression*

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

2 Conditionnement

Sauf spécification contraire, les éprouvettes doivent être conditionnées pendant au moins 24 h en atmosphère normale de type B, conformément à la CEI 212 (température de 23 °C ± 2 °C, humidité relative 50 % ± 5 %).

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

Si des essais à température élevée sont prescrits dans la CEI 1212-3, les éprouvettes doivent être conditionnées pendant 60 min à 65 min à cette température élevée, immédiatement avant l'essai.

3 Dimensions

3.1 Diamètre extérieur

3.1.1 Appareillage d'essai

Le diamètre extérieur des tubes et des barres doit être mesuré en utilisant un des appareillages indiqués ci-après:

a) Gamme < 100 mm

Un micromètre gradué en divisions de 0,02 mm ou moins, et ayant des touches de 6 mm à 8 mm de diamètre. Les touches doivent être planes à 0,01 mm près et parallèles à 0,003 mm près. La force exercée sur l'éprouvette doit être de 3 N à 10 N.

b) Gamme 100 mm à 500 mm

Un pied à coulisse gradué en divisions de 0,10 mm ou moins.

c) Gamme > 500 mm

Un ruban d'acier gradué en divisions de 0,50 mm ou moins.

IEC 250: 1969, *Recommended methods for the determination of the permittivity and dielectric dissipation factor of electrical insulating materials at power, audio and radio frequencies including metre wavelengths*

IEC 296: 1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

ISO 62 : 1980, *Plastics – Determination of water absorption*

ISO 178: 1975, *Plastics – Determination of flexural properties of rigid plastics*

ISO 604: 1973, *Plastics – Determination of compressive properties*

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

2 Conditioning

Unless otherwise specified, test specimens shall be conditioned for at least 24 h in standard atmosphere B according to IEC 212 (temperature $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, relative humidity $50\% \pm 5\%$).

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.

Where testing at an elevated temperature is required in IEC 1212-3, specimens shall be conditioned for 60 min to 65 min at that elevated temperature immediately before testing.

3 Dimensions

3.1 External diameter

3.1.1 Test apparatus

The external diameter of the tubes and rods shall be measured using one of the apparatus listed below:

a) Range < 100 mm

A screw-type micrometer, graduated in divisions of 0,02 mm or less, and having faces of 6 mm to 8 mm in diameter. The faces shall be flat to within 0,01 mm and parallel to within 0,003 mm. The force exerted on the specimen shall be 3 N to 10 N.

b) Range 100 mm to 500 mm

A slide gauge (Vernier caliper), graduated in divisions of 0,10 mm or less.

c) Range > 500 mm

A steel tape, graduated in divisions of 0,50 mm or less.

Tout autre moyen de mesure donnant les mêmes résultats peut être utilisé. En cas de contestation, l'appareillage spécifié doit être utilisé.

3.1.2 Mode opératoire

Mesurer le diamètre extérieur du tube ou de la barre stratifié, dans les conditions de réception, en trois points répartis sur la longueur, situés au moins à 20 mm des extrémités, généralement aux deux extrémités et au milieu. Pour chacun de ces points, on doit faire un minimum de trois lectures, approximativement tous les 120° autour de la circonférence.

Pour les tubes ayant un diamètre supérieur à 500 mm, mesurer la circonférence à trois endroits répartis sur la longueur, comme ci-dessus, et calculer les diamètres.

3.1.3 Résultats

La valeur centrale de toutes les mesures est prise comme étant la valeur du diamètre extérieur de la barre ou du tube. Les valeurs minimale et maximale obtenues sont également indiquées dans le rapport.

3.2 Diamètre intérieur

3.2.1 Appareillage d'essai

Le diamètre intérieur des tubes doit être mesuré avec l'appareil approprié recommandé, indiqué ci-dessous:

a) Gamme ≤ 10 mm

Une jauge mâle conique ou un micromètre d'intérieur à becs ayant une précision de 0,02 mm.

b) Gamme > 10 mm et ≤ 500 mm

Un pied à coulisse gradué en divisions de 0,02 mm.

c) Gamme > 500 mm

Pas de dispositif particulier. Le diamètre intérieur est calculé à partir du diamètre extérieur et de l'épaisseur de la paroi.

3.2.2 Mode opératoire et résultats

a) Gamme ≤ 10 mm

Mesurer le diamètre intérieur du tube aux deux extrémités, en utilisant une jauge mâle conique ou en trois points également répartis sur la circonférence interne, aux deux extrémités, en utilisant un micromètre d'intérieur à becs.

b) Gamme > 10 mm à ≤ 500 mm

Mesurer, aux deux extrémités, le diamètre intérieur du tube, dans les conditions de réception, au minimum en trois points également répartis sur la circonférence interne.

La valeur centrale des mesures est prise comme étant le diamètre intérieur du tube. Les valeurs minimale et maximale sont également indiquées dans le rapport.

c) Gamme > 500 mm

Le diamètre intérieur est calculé à partir du diamètre extérieur, déterminé conformément à 3.1, et de l'épaisseur de la paroi déterminée conformément à 3.3.

Any other means of measurement may be used which gives the same results. In case of dispute, the specified apparatus is to be used.

3.1.2 Procedure

Measure the external diameter of the laminated tube or rod in the "as-received" condition at three points along the length, but not less than 20 mm from the ends, generally at both ends and the middle. At each of these points, a minimum of three readings shall be taken approximately 120° apart around the circumference.

For tubes with a diameter greater than 500 mm, measure the circumference at three places along the length, as above, and calculate the diameters.

3.1.3 Results

The central value of all the measurements is taken as the external diameter of the tube or rod, and the minimum and maximum values obtained are also reported.

3.2 Internal diameter

3.2.1 Test apparatus

The internal diameter of tubes shall be measured with the appropriate recommended instrument as listed below:

a) Range ≤ 10 mm

A tapered plug gauge or pin micrometer which is accurate to 0,02 mm.

b) Range > 10 mm to ≤ 500 mm

A slide gauge (Vernier Caliper) graduated in divisions of 0,02 mm.

c) Range > 500 mm

No special device. The internal diameter is calculated from the external diameter and the wall thickness.

3.2.2 Procedure and results

a) Range ≤ 10 mm

Measure the internal diameter of the tube at both ends using a tapered plug gauge or at three points equally spaced around the inside circumference at both ends using a pin micrometer.

b) Range > 10 mm to ≤ 500 mm

Measure the internal diameter of the tube in the "as-received" condition at a minimum of three points equally spaced around the inside circumference at both ends.

The central value of the measurements is taken as the internal diameter of the tube, and the minimum and maximum values are also reported.

c) Range > 500 mm

The internal diameter is calculated from the external diameter determined according to 3.1 and the wall thickness determined according to 3.3.

3.3 *Épaisseur de la paroi*

3.3.1 *Appareillage d'essai*

Un micromètre à touches sphériques, un micromètre d'intérieur à becs ou un pied à coulisse, adapté et gradué en divisions de 0,02 mm.

3.3.2 *Mode opératoire et résultats*

Mesurer, aux deux extrémités du tube, l'épaisseur de la paroi du tube, dans les conditions de réception, au minimum en trois points également répartis sur la circonférence.

La valeur centrale des mesures est prise comme étant l'épaisseur de la paroi du tube. Les valeurs minimale et maximale sont également indiquées dans le rapport.

3.4 *Défaut de rectitude*

S'applique aux tubes et aux barres ayant un diamètre allant jusqu'à 300 mm. Pour les diamètres supérieurs à 300 mm, il n'y a pas de prescriptions.

La longueur du tube ou de la barre doit être mesurée et enregistrée. Le tube ou la barre doit alors être placé sur une surface plate horizontale et roulé jusqu'à obtenir l'espace maximal entre le tube ou la barre et la surface plane. Le tube ou la barre doit être maintenu dans cette position sans que soit appliquée une pression quelconque qui pourrait le(la) déformer d'une manière quelconque. L'écart maximal doit être mesuré, en utilisant des cales d'épaisseur, et doit être enregistré comme étant le défaut de rectitude de la barre ou du tube en cours d'essai. Le calcul du défaut de rectitude acceptable en fonction de la longueur est donné dans la CEI 1212-3.

4 **Essais mécaniques**

4.1 *Contrainte de flexion à la rupture perpendiculairement aux couches*

La méthode suivante est fondée sur l'ISO 178.

NOTE - Cette méthode donne des informations utiles pour les spécifications des matériaux, mais il convient de ne pas utiliser ces informations pour des calculs de structure. La préparation des éprouvettes libère des contraintes résiduelles dans le tube et les résultats ne correspondent pas à ses véritables propriétés de flexion.

4.1.1 *Définition*

La contrainte de flexion à la rupture est définie comme étant la contrainte de flexion développée au moment de la rupture.

4.1.2 *Appareillage*

Une machine d'essai normale, convenablement construite et calibrée, permettant le déplacement relatif du poinçon par rapport aux supports à une vitesse V à peu près constante, et indiquant les charges avec une erreur ne dépassant pas ± 1 % et les flèches avec une erreur ne dépassant pas ± 2 %.

3.3 *Wall thickness*

3.3.1 *Test apparatus*

A ball foot micrometer, a pin micrometer or a suitable Vernier Caliper graduated in divisions of 0,02 mm.

3.3.2 *Procedure and results*

Measure the wall thickness of the tube in the "as received" condition at a minimum of three points equally spaced around the circumference at each end of the tube.

The central value of the measurements is taken as the wall thickness of the tube and the minimum and maximum values are also reported.

3.4 *Departure from straightness*

Applicable to tubes and rods up to 300 mm in diameter. For diameters greater than 300 mm, there is no requirement.

The length of the tube or rod shall be measured and recorded. The tube or rod shall then be placed on a flat, horizontal surface and rolled until the maximum gap occurs between it and the flat surface. The tube or rod shall be maintained in this position without applying any pressure which would deform it in any way. The maximum gap shall be measured, using feeler gauges, and shall be recorded as the departure from straightness of the rod or tube under test. The calculation for the permissible departure from straightness as a function of the length is given in IEC 1212-3.

4 **Mechanical tests**

4.1 *Flexural stress at rupture perpendicular to laminations*

The following method is based on ISO 178.

NOTE – 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 releases residual stresses in the tube and the results do not correlate with the true flexural properties of the tube.

4.1.1 *Definition*

The flexural stress at rupture is defined as the flexural stress developed at the moment of rupture.

4.1.2 *Apparatus*

A standard testing machine, properly constructed and calibrated, which can be operated at an approximately constant rate, V , of relative movement of the loading nose and supports, and in which the error for indicated load does not exceed ± 1 % and for indicated deflections does not exceed ± 2 %.

Le rayon r_1 du poinçon et le rayon r_2 des supports doivent être les suivants:

$$r_1 = 5,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$r_2 = 2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$$

La portée entre les supports doit être réglable.

4.1.3 Epreuves

4.1.3.1 Tubes

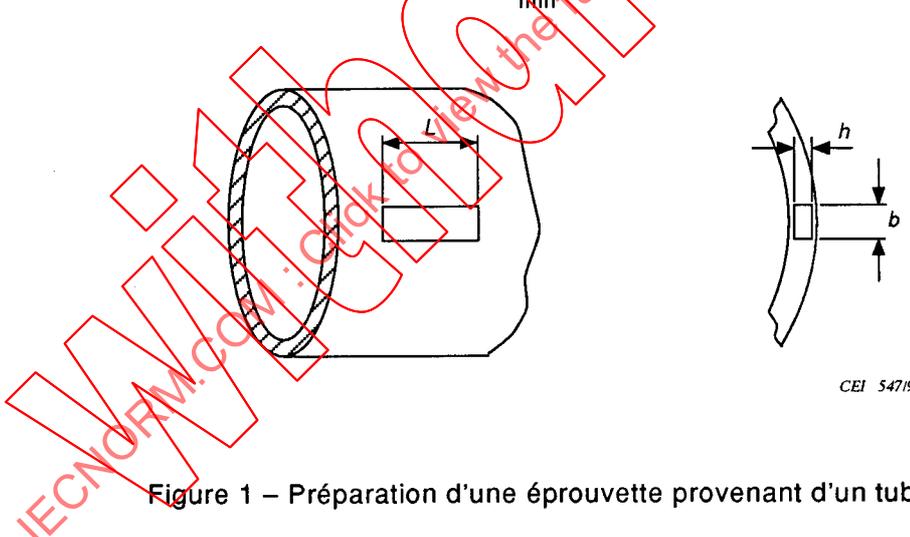
L'essai s'applique aux tubes de diamètre nominal intérieur supérieur à 100 mm ainsi qu'aux autres tubes à partir desquels des éprouvettes satisfaisantes peuvent être obtenues, comme défini ci-dessous. Dans le cas des tubes moulés, ayant des traces visibles de joints du moule, on doit prélever au moins une éprouvette aux environs de chacune de ces traces.

Les éprouvettes doivent avoir une section transversale rectangulaire, et leur axe longitudinal doit être parallèle à l'axe du tube, comme indiqué sur la figure 1. La largeur b des éprouvettes doit être de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

L'épaisseur h des éprouvettes doit être de $4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

La longueur L des éprouvettes doit être d'au moins 20 fois h .

$$L_{\min} = 20 h$$



CEI 547/95

4.1.3.2 Barres

Chaque éprouvette doit être un morceau de la barre soumise à l'essai, sauf si le diamètre de la barre excède 13 mm, auquel cas il doit être réduit par usinage, de manière concentrique, à $13 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. La longueur des éprouvettes ne doit pas être inférieure à 20 fois leur diamètre.

The radius r_1 of the loading nose and radius r_2 of the supports shall be as follows:

$$r_1 = 5,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$r_2 = 2,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$$

The span shall be adjustable.

4.1.3 Test specimens

4.1.3.1 Tubes

The test is applicable to tubes of nominal internal diameter greater than 100 mm and other tubes from which satisfactory specimens can be produced as defined below. In the case of moulded tubes with visible mould closing lines, at least one specimen shall be cut from the region of each mould-closing line.

The test specimens shall have a rectangular cross-section and their length axis parallel to the axis of the tube, as shown in figure 1. The width, b , of the test specimens shall be $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

The thickness, h , of the test specimens shall be $4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

The length, L , of the test specimens shall be at least 20 times h .

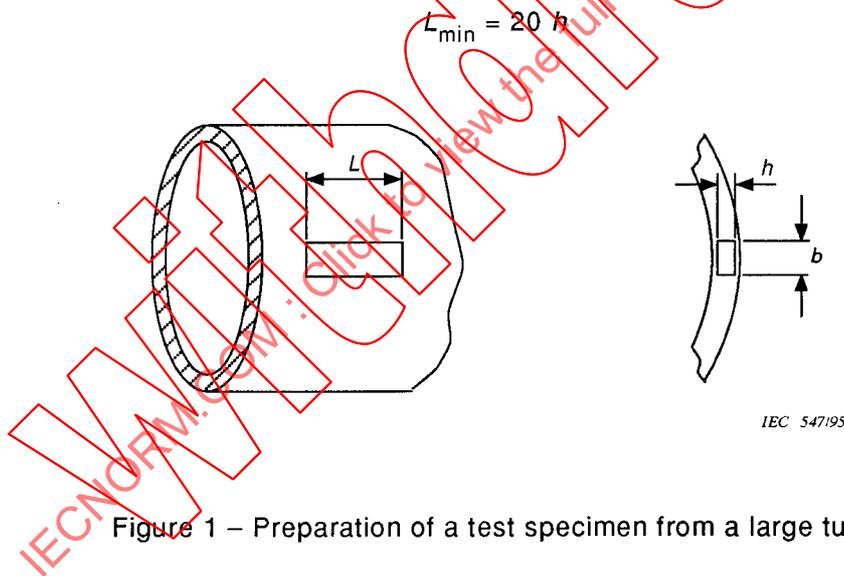


Figure 1 – Preparation of a test specimen from a large tube

4.1.3.2 Rods

Each specimen shall be a piece of rod under test except that, if the diameter of the rod exceeds 13 mm, it shall be reduced concentrically to $13 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ by machining. The length of the specimens shall be not less than 20 times their diameter.

4.1.4 *Mode opératoire*

4.1.4.1 *Tubes*

On doit essayer cinq éprouvettes.

La largeur b et l'épaisseur h de l'éprouvette doivent être mesurées à 0,02 mm près.

La longueur l de la portée entre les supports doit être de $(16 \pm 1) h$ (h = épaisseur de l'éprouvette rectangulaire prélevée dans le tube). La longueur de la portée doit être mesurée à 0,5 mm près.

Charger l'éprouvette en un point au milieu de la distance entre appuis, sans choc, le poinçon de chargement étant en contact avec la surface de l'éprouvette la plus proche de la partie extérieure d'origine du tube (voir figure 2).

La vitesse de la traverse doit être de 10 mm/min \pm 2 mm/min.

Noter la charge F au moment de la rupture.

4.1.4.2 *Barres*

On doit essayer cinq éprouvettes.

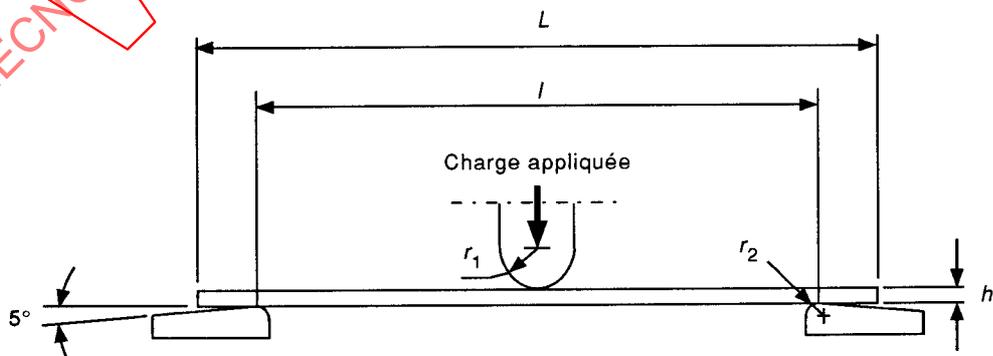
Le diamètre de l'éprouvette doit être mesuré à 0,02 mm près.

La longueur l de la portée doit être de $(16 \pm 1) D$ (D = diamètre de la barre ou diamètre de l'éprouvette prélevée dans la barre). La longueur de la portée doit être mesurée à 0,5 mm près.

Charger l'éprouvette en un point au milieu de la distance entre appuis, sans choc, comme montré en figure 2.

La vitesse de la traverse doit être réglée pour que la rupture de l'éprouvette se produise en 30 s \pm 15 s.

Noter la charge F au moment de la rupture.



CEI 548195

Figure 2 – Position de l'éprouvette dans l'appareillage de mesure

4.1.4 Procedure

4.1.4.1 Tubes

Five specimens shall be tested.

The width, b , and the thickness, h , of the test specimen shall be measured to the nearest 0,02 mm.

The length of the span, l , shall be $(16 \pm 1) h$ (h = thickness of the rectangular test specimen cut from the tube). The length of the span shall be measured within 0,5 mm.

Load the test specimen as a simple beam at mid-span without impact with the loading nose in contact with the surface of the specimen closest to the original outside of the tube (see figure 2).

The cross-head speed shall be 10 mm/min \pm 2 mm/min.

Record the load, F , at the moment of rupture.

4.1.4.2 Rods

Five specimens shall be tested.

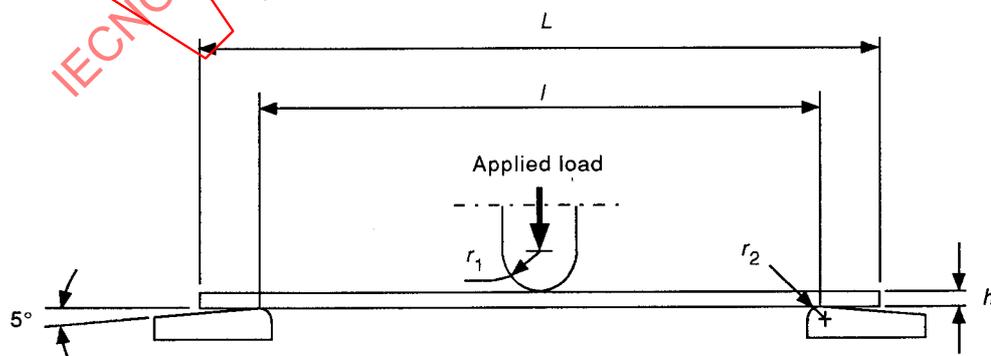
The diameter of the test specimen shall be measured to the nearest 0,02 mm.

The length of the span, l , shall be $(16 \pm 1) D$ (D = diameter of the rod or the diameter of the test specimen cut from the rod). The length of the span shall be measured within 0,5 mm.

Load the test specimen as a simple beam at mid-span without impact, as shown in figure 2.

The cross-head speed shall be set to rupture the sample in 30 s \pm 15 s.

Record the load, F , at the moment of rupture.



IEC 548/95

Figure 2 – Position of the test specimen in the test apparatus

4.1.5 Expression des résultats

σ_F , contrainte de flexion pour la charge F , est calculée en MPa à partir de la formule:

$$\sigma_F = \frac{M}{W}$$

où

W est le module d'inertie de la section droite, en m^3 ;

M est le moment fléchissant pour la charge F , donné par la formule:

$$M = \frac{F \times l}{4}$$

où

F est la charge au moment de la rupture, en MN;

l est la longueur de la portée, en m.

Pour des éprouvettes rectangulaires de largeur b et d'épaisseur h :

$$W = \frac{b \times h^2}{6}$$

Pour des éprouvettes rondes de diamètre D :

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \approx \frac{D^3}{10}$$

NOTE – Si M est exprimé en N·mm et W en mm^3 , σ_F est exprimé en N/mm^2 , unité équivalente au MPa.

4.1.6 Résultats

Noter la valeur centrale des cinq résultats individuels comme étant la contrainte de flexion à la rupture du tube ou de la barre soumis à l'essai, en MPa et avec trois chiffres significatifs.

Noter également les valeurs maximale et minimale.

4.2 Résistance à la compression dans le sens axial

La méthode suivante est fondée sur l'ISO 604.

4.2.1 Définition

La résistance à la compression dans le sens axial est la contrainte en compression supportée par l'éprouvette au moment de la rupture pendant un essai de compression dans son sens axial.

4.1.5 Expression of results

σ_F , the flexural stress at load F , is calculated in MPa from the formula:

$$\sigma_F = \frac{M}{W}$$

where

W is the section modulus, in m^3 ;

M is the flexural moment at load F , given by the formula:

$$M = \frac{F \times l}{4}$$

where

F is the load at the moment of rupture, in MN;

l is the span length, in m.

For rectangular specimens with width b and thickness h :

$$W = \frac{b \times h^2}{6}$$

For round specimens with diameter D :

$$W = \frac{\pi D^3}{32} = \frac{D^3}{10}$$

NOTE – If M is expressed in N·mm and W in mm^3 , σ_F is expressed in N/mm^2 , numerically equal to MPa.

4.1.6 Results

Report the central value of the five individual results as the flexural stress at rupture of the tube or rod under test in MPa to three significant figures.

Report also the minimum and the maximum values.

4.2 Compressive strength, axial

The following method is based on ISO 604.

4.2.1 Definition

The compressive strength, axial is the compressive stress carried by the test specimen at the moment of rupture during a compressive test in axial direction.

4.2.2 Appareillage

4.2.2.1 Appareil d'essai

Machine d'essai du type à vitesse constante du plateau mobile, comprenant essentiellement les éléments suivants.

4.2.2.2 Organe de compression

Un plateau de compression en acier dur, appliquant la charge à l'éprouvette, construit de façon que l'effort de compression soit rigoureusement axial. La charge est appliquée par l'intermédiaire de surfaces polies, plates et parallèles entre elles. Un dispositif d'auto-alignement doit être interposé entre le piston de compression et le plateau fixe.

4.2.2.3 Indicateur de charge

Mécanisme capable d'indiquer la charge totale de compression supportée par l'éprouvette. Ce mécanisme doit être pratiquement exempt d'inertie à la vitesse d'essai spécifiée et doit indiquer la valeur de la charge avec une précision de ± 1 % ou mieux.

4.2.3 Eprouvettes

L'éprouvette doit avoir la forme d'un tube droit ou d'un cylindre droit. Les extrémités de l'éprouvette perpendiculaires à la direction de l'application de la charge doivent être parallèles entre elles à moins de 0,1 % de la hauteur de l'éprouvette près.

Si les dimensions du tube ou de la barre soumis à l'essai nécessitent des charges dépassant la capacité de l'appareil d'essai ou de l'organe de compression, on doit préparer une éprouvette plus petite conformément à l'une des manières suivantes:

barre: par usinage concentrique de la barre d'origine;

tube: en coupant des éprouvettes rectangulaires dans le tube d'origine, conformément à la figure 1, ou en réduisant le diamètre.

La hauteur L des éprouvettes peut varier de 10 mm à 40 mm. La hauteur préférentielle des éprouvettes est de 30 mm.

La hauteur L peut aussi être calculée à partir de la formule suivante définissant le rapport d'effilement et le plus petit rayon de giration:

- pour les tubes circulaires droits

$$L = \frac{\lambda}{4} \times (D^2 + d^2)^{1/2}$$

- pour les prismes rectangulaires droits

$$L = \frac{\lambda}{3,46} \times h \quad \text{ou} \quad L = \frac{\lambda}{3,46} \times b$$

- pour les barres cylindriques droites

$$L = \frac{\lambda}{4} \times D$$

4.2.2 Apparatus

4.2.2.1 Testing machine

A constant rate-of-cross-head movement type and comprising essentially the following.

4.2.2.2 Compression tool

A hardened steel compression plate for applying the load to the test specimen, so constructed that the compressive loading is truly axial. The load is applied through polished surfaces which are flat and parallel to each other. A self-aligning device shall be interposed between the compression tool plunger and the fixed plate.

4.2.2.3 Load indicator

A mechanism capable of showing the total compressive load carried by the test specimen. The mechanism shall be essentially free of inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load value to an accuracy of ± 1 % or better.

4.2.3 Test specimens

The test specimen shall be in the form of a right tube or cylinder. The ends of the specimen, perpendicular to the direction of the application of the load, shall be parallel to within 0,1 % of the height of the specimen.

If the size of the tube or rod under test necessitates loads beyond the capacity of the test machine or the compression tool, a smaller specimen shall be prepared in one of the following ways:

rod: by concentric machining of the original rod;

tube: by cutting rectangular specimens from the original tube, according to figure 1, or by reducing the diameter.

The height, L , of the test specimens may vary from 10 mm to 40 mm. The preferred height of test specimens is 30 mm.

The height, L , can also be calculated from the following formula defining slenderness ratio and the least radius of gyration:

- for right circular tubes

$$L = \frac{\lambda}{4} \times (D^2 + d^2)^{1/2}$$

- for right rectangular prism

$$L = \frac{\lambda}{3,46} \times h \quad \text{or} \quad L = \frac{\lambda}{3,46} \times b$$

- for right circular rods

$$L = \frac{\lambda}{4} \times D$$

où

D est le diamètre extérieur du tube ou de la barre;

d est le diamètre intérieur du tube;

λ est le rapport d'effilement. Cette valeur doit normalement être de 10. Si l'on constate que les éprouvettes se déforment pendant l'essai, le rapport d'effilement doit être réduit à 6;

b est le côté de la base carrée (pour un prisme carré) ou le côté le plus long de la base rectangulaire (pour un prisme rectangulaire);

h est le côté le plus petit de la base rectangulaire.

4.2.4 Mode opératoire

On doit essayer cinq éprouvettes.

Chaque essai doit débuter dans les 3 min qui suivent le retrait de l'éprouvette de l'atmosphère de conditionnement.

Mesurer à 0,02 mm près, pour chaque éprouvette, la hauteur et le diamètre des éprouvettes cylindriques, ainsi que la hauteur et les dimensions b et h des côtés des éprouvettes rectangulaires. Calculer la valeur minimale de l'aire de la section droite.

Placer l'éprouvette entre les surfaces des plateaux de compression et aligner l'axe principal de l'éprouvette avec l'axe principal des plateaux de compression. S'assurer que les extrémités de l'éprouvette sont parallèles aux surfaces des plateaux de compression et régler l'appareil pour que les surfaces des extrémités de l'éprouvette et des plateaux de compression soient juste en contact.

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

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

où h est la hauteur de l'éprouvette en mm.

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

4.2.5 Expression des résultats

Calculer la résistance à la compression en MPa en divisant la charge au moment de la rupture par la surface initiale de la section droite minimale en mm² (avec trois chiffres significatifs).

4.2.6 Résultats

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

where

D is the outer diameter of the tube or rod;

d is the inner diameter of the tube;

λ is the slenderness ratio. This value shall normally be 10. When it is found that test specimens buckle during the test, the slenderness ratio shall be reduced to 6;

b is the side of the square cross-section (for a square prism) or the longer side of the rectangular cross-section (for a rectangular prism);

h is the shorter side of the rectangular cross-section.

4.2.4 Procedure

Five specimens shall be tested.

Each test shall be commenced within 3 min after removal of the test specimen from the conditioned atmosphere.

For cylindrical specimens, measure the height and diameter, and for rectangular specimens, the height and dimensions of sides b and h , of each test specimen to the nearest 0,02 mm and calculate the minimum value of the cross-sectional area.

Place the test specimen between the surfaces of the compression plate and align the centre line of the test specimen through the centre line of the compression plate surfaces. Ensure that the ends of the specimen are parallel to the surfaces of the compression plate and adjust the machine so that the surfaces of the ends of the test specimen and compression plate are just touching.

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

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

where h is the height of the specimen, in mm.

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

4.2.5 Expression of results

Calculate the compressive strength in MPa by dividing the load at the moment of rupture by the original minimum cross-sectional area in mm² to three significant figures.

4.2.6 Results

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

4.3 Cohésion entre couches

Cet essai s'applique seulement aux tubes de diamètre nominal intérieur non supérieur à 100 mm, et ayant un rapport entre diamètre intérieur et diamètre extérieur (d/D) compris entre 0,70 et 0,95.

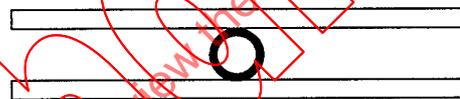
Les tubes d'un diamètre extérieur trop grand peuvent être réduit par usinage concentrique afin de faciliter l'essai. Dans de tels cas, la valeur préférentielle du rapport d/D est de 0,7.

Réaliser l'essai conformément à 4.2 en le modifiant comme suit.

Dans le cas de tubes moulés, avant de couper l'éprouvette, tracer une ligne parallèle à l'axe sur la surface externe du tube indiquant la place de l'une des traces de joints du moule. Si le tube n'a pas de trace visible, tracer une ligne de référence parallèle à l'axe du tube à n'importe quelle position.

Couper deux éprouvettes de longueur nominale égale au diamètre extérieur mesuré du tube soumis à l'essai. La tolérance pour cette longueur doit être de $\pm (0,5 \text{ mm} + 1 \% \text{ du diamètre extérieur mesuré})$.

Mesurer le diamètre intérieur d , le diamètre extérieur D et l'épaisseur de la paroi t , en mm, conformément à l'article 3. Placer une des éprouvettes entre les plateaux d'acier de l'appareil d'essai de compression, de telle façon que son axe soit perpendiculaire à la force appliquée (voir figure 3).



CEI 549/95

Figure 3 - Position du tube dans l'appareil d'essai

Appliquer la force de compression et la faire croître à une vitesse uniforme qui a été choisie pour provoquer la rupture dans les 15 s à 45 s. Noter la force maximale F , en N, au moment de la rupture.

Dans le cas de tubes moulés, essayer une éprouvette en appliquant la force dans le plan contenant la ligne de référence et essayer une deuxième éprouvette en appliquant la force perpendiculairement à ce plan.

Calculer la cohésion entre couches σ_c , en N/mm^2 , pour chaque éprouvette à partir de l'expression suivante:

$$\sigma_c = \frac{F}{t^2}$$

où

F est la force maximale au moment de la rupture, exprimée en N

t est l'épaisseur de la paroi, en mm.

4.3 Cohesion between layers

This test is applicable only to tubes of nominal internal diameter not greater than 100 mm, and with the ratio of internal diameter to external diameter (d/D) between 0,70 and 0,95.

Tubes of too large diameter may be reduced by concentric machining in order to facilitate testing. In such cases the preferred ratio d/D is 0,7.

Carry out the test in accordance with 4.2 modified as follows.

In the case of moulded tubes, before cutting a specimen make a line, parallel to the axis, on the external surface of the tube indicating the position of one of the mould-closing lines. If the tube has no visible mould-closing line, mark a datum line parallel to the axis of the tube in any position.

Cut two test specimens of nominal length equal to the measured external diameter of the tube under test. The tolerance of this length shall be $\pm (0,5 \text{ mm} + 1 \% \text{ of the measured external diameter})$.

Measure the internal diameter, d , the external diameter, D , and the wall thickness, t , in accordance with clause 3. Place one of the test specimens between the steel plates of the compression test machine so that its axis is normal to the applied force (see figure 3.)



IEC 549/95

Figure 3 – Position of the tube in the testing machine

Apply the compressive force and increase it at a uniform speed which has been chosen to cause failure within 15 s to 45 s. Record the maximum force, F (in N), at the moment of rupture.

In the case of moulded tubes, test one specimen with the applied force in the plane containing the datum line and test the second specimen with the applied force perpendicular to that plane.

Calculate the cohesion between layers, σ_c (in N/mm^2), for each test specimen from the following expression:

$$\sigma_c = \frac{F}{t^2}$$

where

F is the maximum force at the moment of rupture, in N

t is the wall thickness, in mm

NOTE – L'utilisation de l'expression simplifiée F/t^2 donne une approximation par rapport à la valeur réelle de la cohésion entre couches. Cette approximation est adaptée au but de cet essai de contrôle.

Une valeur plus précise peut être calculée en utilisant l'expression suivante:

$$\frac{3F(D+d)^2}{\pi L d (D-d)^2}$$

où

D est le diamètre extérieur, en mm;

d est le diamètre intérieur, en mm;

L est la longueur de l'éprouvette, en mm, et

F est la force maximale au moment de la rupture, en N.

Le plus faible des deux résultats individuels doit être pris comme étant la cohésion entre couches du tube soumis à l'essai.

En cas de contestation entre acheteur et fournisseur, on doit utiliser la formule la plus précise.

5 Essais électriques

5.1 Rigidité diélectrique et tension de claquage

La rigidité diélectrique perpendiculairement aux couches des tubes et des barres doit être déterminée par la méthode des paliers de 20 s (voir 9.2 de la CEI 243-1) ou par utilisation de l'essai de contrôle de 1 min (voir 9.6 de la CEI 243-1). Sauf spécification contraire, l'essai doit être fait dans de l'huile minérale propre (voir la CEI 296) à $90 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$.

5.1.1 *Eprouvettes pour des essais de tension de claquage parallèlement aux couches*

Les extrémités de l'éprouvette doivent être lisses, parallèles, planes, perpendiculaires à l'axe du tube ou de la barre, et doivent être distantes l'une de l'autre de $25 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Les éprouvettes doivent être coupées dans le tube ou la barre sans réduction de l'épaisseur de la paroi ou du diamètre. On doit essayer cinq éprouvettes.

Pour les tubes et les barres ayant jusqu'à 100 mm de diamètre extérieur nominal, l'éprouvette doit être un anneau provenant du tube ou une portion de la barre. Pour les tubes dont le diamètre extérieur nominal dépasse 100 mm, l'éprouvette doit être une portion d'anneau d'approximativement 100 mm de longueur développée.

5.1.2 *Eprouvettes pour les essais de rigidité diélectrique perpendiculairement aux couches*

L'éprouvette doit être une portion de tube de longueur au moins égale à 100 mm. On doit essayer cinq éprouvettes.

Pour les tubes de diamètre nominal intérieur non supérieur à 100 mm, l'électrode extérieure doit être un ruban métallique de $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ de large, enroulé serré sur le tube.

L'électrode intérieure doit être constituée d'un conducteur métallique étroitement ajusté, par exemple tige, tube, feuille métallique ou un empilement de billes de 0,75 mm à 2,0 mm

NOTE – Use of the simplified expression F/t^2 gives an approximation to the true value of the cohesion between layers which is adequate for the purpose of this control test.

A more precise value may be calculated using the following expression

$$\frac{3F(D+d)^2}{\pi L d (D-d)^2}$$

where

D is the external diameter in mm;

d is the internal diameter in mm;

L is the length of specimen in mm, and

F is the maximum force at the moment of rupture, in N

The lower of the two individual results shall be taken as the cohesion between layers of the tube under test.

In the event of dispute between the buyer and seller, the more precise formula shall be used.

5 Electrical tests

5.1 Electric strength and breakdown voltage

The electric strength perpendicular to laminations of tubes and rods shall be determined by the method of the 20 s step-by-step test (see 9.2 of IEC 243-1) or by using the one-minute proof test (see 9.6 of IEC 243-1). Unless otherwise specified, the test shall be carried out in clean mineral oil (see IEC 296) at $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.1.1 Test specimens for breakdown voltage tests parallel to laminations

The test specimen ends shall be smooth, parallel planes perpendicular to the axis of the tube or rod and $25\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$ apart. The test specimens shall be cut from the tube or rod without reduction in wall thickness or diameter. Five specimens shall be tested.

For rods and tubes up to 100 mm nominal external diameter, the test specimen shall be a ring of tube or piece of rod. For tubes over 100 mm nominal external diameter, the test specimen shall be a portion of a ring of approximately 100 mm developed segment.

5.1.2 Test specimens for electric strength tests perpendicular to lamination

The test specimen shall be a piece of tube of length not less than 100 mm. Five specimens shall be tested.

For tubes of nominal internal diameter not greater than 100 mm, the outer electrode shall be a band of metal foil, $25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 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

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 (voir la figure 4a).

Pour les tubes d'un diamètre nominal intérieur supérieur à 100 mm, l'électrode intérieure doit être un disque en feuille métallique, de diamètre 25 mm ± 1 mm, suffisamment souple pour s'adapter à la surface interne du tube. L'électrode extérieure doit être un ruban métallique, de 75 mm ± 1 mm de large, enroulé serré sur la surface externe du tube, et symétrique par rapport à l'électrode intérieure (voir la figure 4b).

5.1.3 Résultats

Noter la valeur centrale des valeurs mesurées et la valeur la plus faible, en MV/m pour la rigidité diélectrique et en kV pour la tension de claquage.

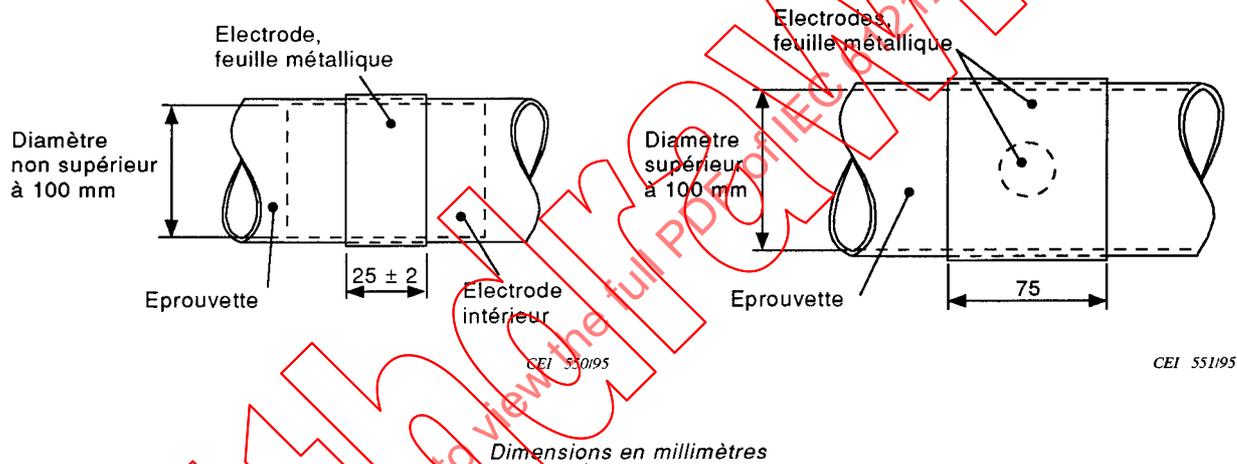


Figure 4a – Electrode pour l'essai des tubes ronds de diamètre non supérieur à 100 mm

Figure 4b – Electrode pour l'essai des tubes ronds de diamètre supérieur à 100 mm

Figure 4 – Epreuves et électrodes pour l'essai des tubes

5.2 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 167. L'essai ne s'applique pas aux tubes et aux barres dont le diamètre extérieur est inférieur à 10 mm, ni aux tubes dont le diamètre intérieur est inférieur à 8 mm ou supérieur à 25 mm d'épaisseur de paroi.

On doit utiliser deux éprouvettes. On doit marquer la surface extérieure du tube ou de la barre avec une ligne de référence parallèle à l'axe du tube ou de la barre, avant le découpage des éprouvettes. Il convient que le matériau utilisé pour le marquage de la ligne de référence n'affecte pas les résultats. Dans le cas de barres et de tubes moulés comportant des traces visibles des joints du moule, la ligne de référence doit coïncider avec l'une d'elles.