

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Live working – Insulating foam-filled tubes and solid rods –
Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section**

**Travaux sous tension – Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes
pleines –
Partie 1: Tubes et tiges de section circulaire**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Live working – Insulating foam-filled tubes and solid rods –
Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section**

**Travaux sous tension – Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes
pleines –
Partie 1: Tubes et tiges de section circulaire**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.260; 29.240.20; 29.260

ISBN 978-2-8322-3348-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
4 Requirements	8
4.1 Materials and design	8
4.2 Electrical requirements.....	8
4.3 Mechanical requirements.....	8
4.4 Diameters of foam-filled tubes and solid rods.....	8
4.5 Marking.....	9
4.6 Packaging.....	9
5 Tests.....	9
5.1 General.....	9
5.2 Type test conditions	9
5.2.1 General	9
5.2.2 Groups and test pieces	10
5.3 Visual and dimensional checks	10
5.3.1 General	10
5.3.2 Visual check	10
5.3.3 Dimensional check.....	11
5.4 Electrical tests	11
5.4.1 General	11
5.4.2 Dielectric test before and after exposure to humidity	11
5.4.3 Wet test.....	20
5.5 Mechanical tests	22
5.5.1 Bending test	22
5.5.2 Torsion test.....	24
5.5.3 Crushing test on insulating foam-filled tube.....	26
5.5.4 Electrical test after mechanical ageing.....	27
5.5.5 Dye penetration test.....	28
5.5.6 Durability of marking	28
6 Conformity assessment of foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase	28
7 Modifications	29
Annex A (normative) Plan of carrying out of the type tests	30
Annex B (normative) Classification of defects and associated requirements and tests	31
Bibliography	32
Figure 1 – Typical dielectric test arrangement.....	12
Figure 2 – Assembly set-up of the test piece to the guard electrodes	13
Figure 3 – Constructional drawings for guard electrodes and parts.....	15
Figure 4 – Drawings for guard electrode parts according to test piece diameters	17
Figure 5 – Alternative dielectric test under dry condition – Example of a typical test arrangement	19

Figure 6 – Wet test	21
Figure 7 – Bending test.....	23
Figure 8 – Torsion test – Examples for fixing foam-filled tube and solid rod.....	25
Figure 9 – Crushing test.....	27
Table 1 – Specified diameters	8
Table 2 – Maximum current I_1 before exposure to humidity.....	18
Table 3 – Values of F_d , f and F_r for bending test	24
Table 4 – Values of C_d , a_d and C_r for torsion test	26
Table 5 – Values of F_d and F_r for crushing test	26
Table A.1 – Chronological order of the type tests.....	30
Table B.1 – Classification of defects and associated requirements and tests.....	31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIVE WORKING – INSULATING FOAM-FILLED TUBES AND SOLID RODS –

Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 60855-1 has been prepared by technical committee 78: Live working.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2009. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- reintroduction of specific diameters of foam-filled tubes and solid rods of circular cross-section with its tolerances;
- reintroduction of the dielectric tests before and after exposure to humidity, as included in IEC 60855-1:2009;
- specification of an alternative test (after exposure to immersion) in case of foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase;
- review of phase angle maximum specified values;

- review of the wet test procedure and the improvement of the associated test arrangement.

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

FDIS	Report on voting
78/1147/FDIS	78/1156/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60855 series, published under the general title *Live working – Insulating foam-filled tubes and solid rods*, can be found on the IEC website.

Terms defined in Clause 3 are given in *italic* print throughout this standard.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

This part of IEC 60855 has been prepared in accordance with the requirements of IEC 61477.

The product covered by this part of IEC 60855 may have an impact on the environment during some or all stages of its life cycle. These impacts can range from slight to significant, be short-term or long-term, and occur at the global, regional or local level.

This part of IEC 60855 does not include requirements and test provisions for the manufacturers of the product, or recommendations to the users of the product for environmental improvement. However, all parties intervening in its design, manufacture, packaging, distribution, use, maintenance, repair, reuse, recovery and disposal are invited to take account of environmental considerations.

Technical committee 78 is considering the preparation of IEC 60855-2, which would cover foam-filled tubes and solid rods of cross-section other than circular.

LIVE WORKING – INSULATING FOAM-FILLED TUBES AND SOLID RODS –

Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section

1 Scope

This part of IEC 60855 is applicable to *insulating foam-filled tubes* and solid rods, of a circular cross-section, made of synthetic materials with reinforced fibreglass and intended to be used in the manufacture and construction of tools, devices and equipment for carrying out live working on electrical systems operating at voltages above 1 kV.

Foam-filled tubes and solid rods of cross-section other than circular and/or made with material other than synthetic materials with reinforced fibreglass are not covered by this part of IEC 60855.

2 Normative references

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

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60212:2010, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 61318, *Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61318 and the following apply.

3.1

foam

insulating material composed of closed cells, generally made of polyurethane, used to prevent the ingress and migration of moisture

Note 1 to entry: *Foam* is the inner support to manufacture the *foam*-filled tubes covered by this part of IEC 60855.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-03, modified – The note has been changed to refer specifically to the *foam* filled tubes covered by this part of IEC 60855.]

3.2

insulating foam-filled tube

foam-filled tube

tube of uniform circular cross-section supplied in straight lengths, manufactured on a *foam* and constructed or formed of synthetic insulating rigid material with reinforced fibreglass

3.3 insulating solid rod solid rod

solid product of uniform circular cross-section supplied in straight lengths, constructed or formed of synthetic insulating rigid reinforced material

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-04, modified – The term and its definition have been changed to refer specifically to *insulating solid rods* covered by this part of IEC 60855.]

4 Requirements

4.1 Materials and design

Foam-filled tubes and solid rods shall be made of synthetic insulating material with reinforced fibreglass.

NOTE Yellow, orange and red are the preferred colours to indicate that the material has insulating properties.

If any coating is applied, it may be transparent or coloured.

The *foam* filling shall be bonded to the wall of the insulating tube, and neither the *foam* nor the bond shall be deteriorated during the tests, other than those tests which lead to destruction of the parts. The *foam* filling shall be free of voids, separations, cracks or other defects.

4.2 Electrical requirements

The material and the design of *foam*-filled tubes and solid rods shall have insulating properties.

The external surface of the *foam*-filled tubes and solid rods shall have hydrophobic properties.

4.3 Mechanical requirements

The material and the design of *foam*-filled tubes and solid rods shall have mechanical resistance properties.

4.4 Diameters of foam-filled tubes and solid rods

All measured diameters shall fall within the tolerance limits specified in Table 1.

Table 1 – Specified diameters

Item	External nominal diameter mm	Tolerance on external diameter mm
Solid rod	10	± 1
	15	± 1
Foam-filled tube	32	± 1
	39	± 1,1
	51	± 1,2
	64	± 1,3
	77	± 1,5

4.5 Marking

Embossed marking is prohibited.

The marking of each *foam*-filled tube and solid rod shall include the following information as a minimum:

- name or trademark of the manufacturer;
- external nominal diameter;
- date of manufacture (month and year) and identification number when available;
- number of the relevant IEC standard (IEC 60855-1).

Other characteristics or information not needed at the work location, like the year of publication of the standard, shall be associated to the product item by other means, such as coded information (bar codes, microchips, etc.) on the product or on its packaging.

The marking shall be clearly legible to a person with normal or corrected vision, without additional magnification. The marking shall be durable and shall not affect the electrical performance of *foam*-filled tubes and solid rods.

4.6 Packaging

The marking of each pack shall include the following information as a minimum:

- name or trademark of the manufacturer;
- external nominal diameter;
- date of manufacture (month and year) and identification number when available;
- number of the relevant IEC standard (IEC 60855-1).

The packaging should reduce abrasive or direct contact with other *foam*-filled tubes or solid rods or any surface that could damage the polished surface.

5 Tests

5.1 General

This part of IEC 60855 provides testing provisions to demonstrate that the *foam*-filled tubes and solid rods comply with the requirements of Clause 4. These testing provisions are primarily intended to be used for type testing for validation of the design input. Where relevant, alternative means (calculation, examination, tests, etc.), are specified within the test subclauses for the purpose of foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase (see Annex B).

5.2 Type test conditions

5.2.1 General

To comply with this part of IEC 60855, the design of the product shall fulfil all the type tests listed in Table A.1.

The type tests shall be carried out following the order given in Table A.1.

Each test shall be carried out on each separate test piece in the relevant group.

Any test piece failing to pass any one of the tests mentioned in Annex A shall result in the design being rejected.

For all type tests, environmental conditions in the test room shall comply with the normal atmospheric conditions provided in Table 2 of IEC 60212:2010, at a temperature of between 15 °C and 35 °C, with a relative humidity between 25 % and 75 % (taking into account Note 4 of Table 2 of IEC 60212:2010).

Nevertheless, for the electrical test the atmospheric conditions shall be at temperature between 18 °C and 28 °C, with a relative humidity between 45 % and 75 %.

This part of IEC 60855 covers foam-filled tubes and solid rods for use at temperatures between –25 °C and +55 °C and at a relative humidity between 20 % and 93 %. For foam-filled tubes and solid rods intended to be used in unusual atmospheric conditions (higher or lower temperatures, higher relative humidity), the tests should be more restricting and be carried out in appropriate conditions.

Unless otherwise specified, for all type tests, the tolerance on the dimensions shall be $\pm 0,5$ %.

When a visual check is specified, it shall be understood to be a visual check by a person with normal or corrected vision without additional magnification.

5.2.2 Groups and test pieces

The manufacturer shall supply lengths of foam-filled tubes and solid rods to provide the following groups of test pieces. For each test piece of every group the corresponding length shall be cut at least to 0,1 m from the end of the initial length of solid rod or foam-filled tube provided by the manufacturer.

Group 1: three test pieces of 0,3 m.

Group 2: three test pieces of 1,2 m.

Group 3: three test pieces of 2,5 m in case of foam-filled tube and 2 m in case of solid rod.

Group 4: three test pieces of 1,2 m.

Group 5: (for foam-filled tubes only): three test pieces of length equal to three times the external diameter ± 5 %.

Group 6: three test pieces of 2,5 m.

Group 7: three test pieces of (100 ± 5) mm.

One length of 2 m shall be kept as a reference specimen.

The equipment used to cut the test pieces shall not leave any trace of overheating on the cross-section. The cut shall be clean, showing no signs of tearing of the fibres and shall be made perpendicular to the axis of the foam-filled tube and solid rod.

5.3 Visual and dimensional checks

5.3.1 General

These checks shall be carried out to ensure that the general requirements are fulfilled and that the dimensions comply with the specifications.

5.3.2 Visual check

Initial lengths and test pieces shall be checked visually to verify the elements of marking, the packaging and to detect constructional defects.

There are two levels of inspection to detect constructional defects:

- a) A first visual check shall be carried out on each of the initial lengths of foam-filled tube and solid rod provided by the manufacturer before the test pieces are cut from them. This is to detect any surface defects such as obviously faulty bonding between the fibre and the resin, voids underneath the varnish, foreign bodies, protrusions, dirt, bumps or scratches and absence of marks. Any defect shall result in rejection of the initial length.
- b) A second visual check shall be carried out on each of the test pieces after they have been cut. This is to detect any internal defects around the visible part of the cross-section, and more particularly, any signs of detachment between the *foam* and the resin, and *foam* of poor quality (voids, cracks). Any such defect shall result in rejection of the test piece.

5.3.3 Dimensional check

The purpose of the dimensional check is to verify that diameters comply with the marking, and the tolerances comply with the requirements of 4.4.

The dimensional check shall be carried out on each of the initial lengths, before the test pieces are cut from them, at both ends and in the middle. The difference between any two measured diameters of a given length shall be less than 0,5 mm.

5.4 Electrical tests

5.4.1 General

Unless otherwise stated, tests shall be carried out using an AC power source at power frequency in accordance with the requirements given in IEC 60060-1. Measuring systems shall comply with IEC 60060-2 unless otherwise specified.

5.4.2 Dielectric test before and after exposure to humidity

5.4.2.1 Type test

5.4.2.1.1 General test conditions

Before the test, each test piece of 300 mm length shall be prepared by cleaning with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) and then dried in air at room temperature for a period of not less than 15 min.

NOTE It is not the purpose of this part of IEC 60855 to ensure that any relevant legislation and any specific safety instructions regarding the use of isopropanol are fully observed.

The test pieces shall be lightly wiped with a clean dry lint-free cloth and the ends of the test pieces shall be covered with conductive adhesive tape.

Conditioning in a humid atmosphere is carried out in accordance with IEC 60212.

5.4.2.1.2 Measurements

The test assembly shall comply with Figures 1, 2, 3 and 4. The measuring apparatus shall not be less than 2 m from the high voltage source. All measuring leads, the shunt and the optional protective gap shall be shielded and earthed. The test piece shall be mounted at a minimum height of 1 m from the ground on an insulating support. A voltage of 100 kV rms at power frequency shall be applied between the electrodes for 1 min. The AC voltage shall be initially applied at a low value and gradually increased at a constant rate-of-rise of approximately 5 kV/s until the test voltage level is reached. The test period shall be considered to start at the instant the specified voltage is reached.

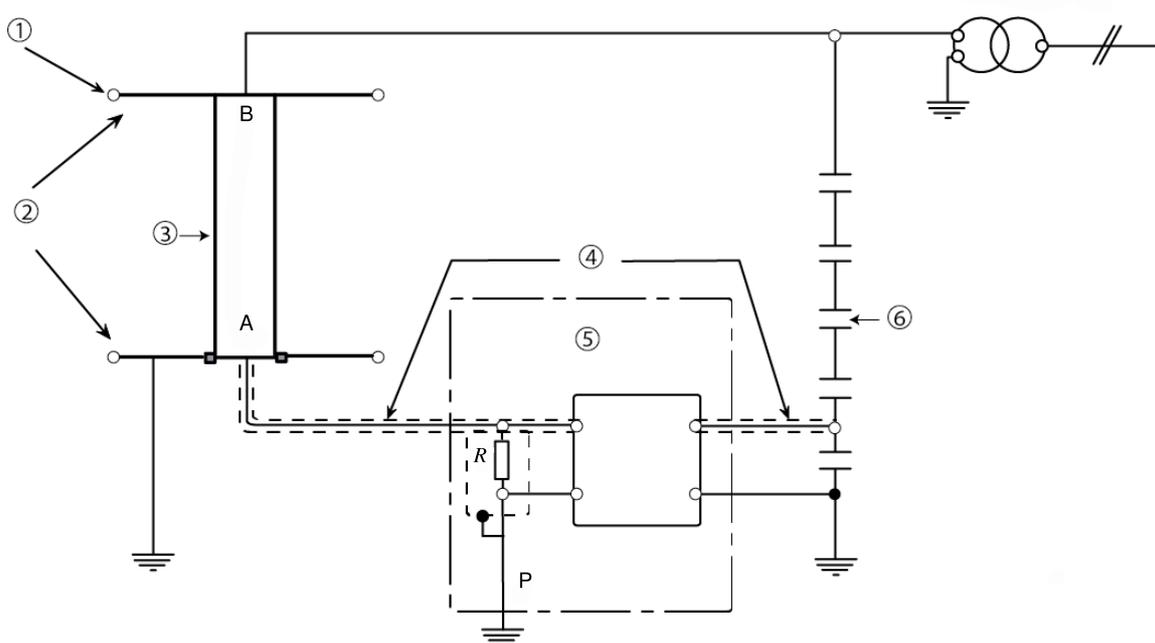
The current passing through the test piece shall be measured (the guard electrode on the earth side is directly connected to earth). The maximum current recorded during the test is called *I*.

The phase difference between current and voltage shall be measured as follows:

- current (earth end), by passing it through a known impedance;
- voltage (line end), by means of an appropriate divider.

The minimum phase angle recorded during the test is called φ .

Before installing the test piece in the test set-up, reference measurements with no test piece present shall be taken and the current and phase angle values recorded. The phase angle value shall be higher than 88°. This blank test will help verify the quality of the test set-up.



IEC

Key

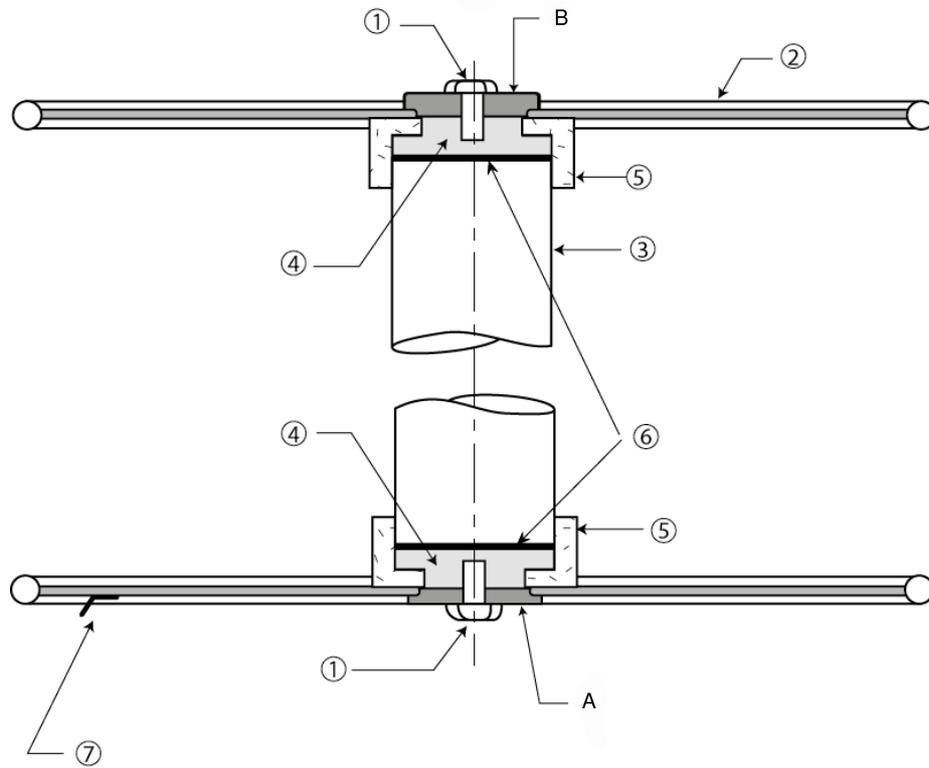
- | | | | |
|---|------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | continuous welded tube | 4 | screened leads |
| 2 | guard electrodes | 5 | measuring equipment |
| 3 | test piece | 6 | capacitive (or resistive) divider |

A and B See Figure 2.

R resistance between points A and P: $R \leq 10\,000\ \Omega$

The measurement zone is situated at least 2 m away from any high voltage source.

Figure 1 – Typical dielectric test arrangement



IEC

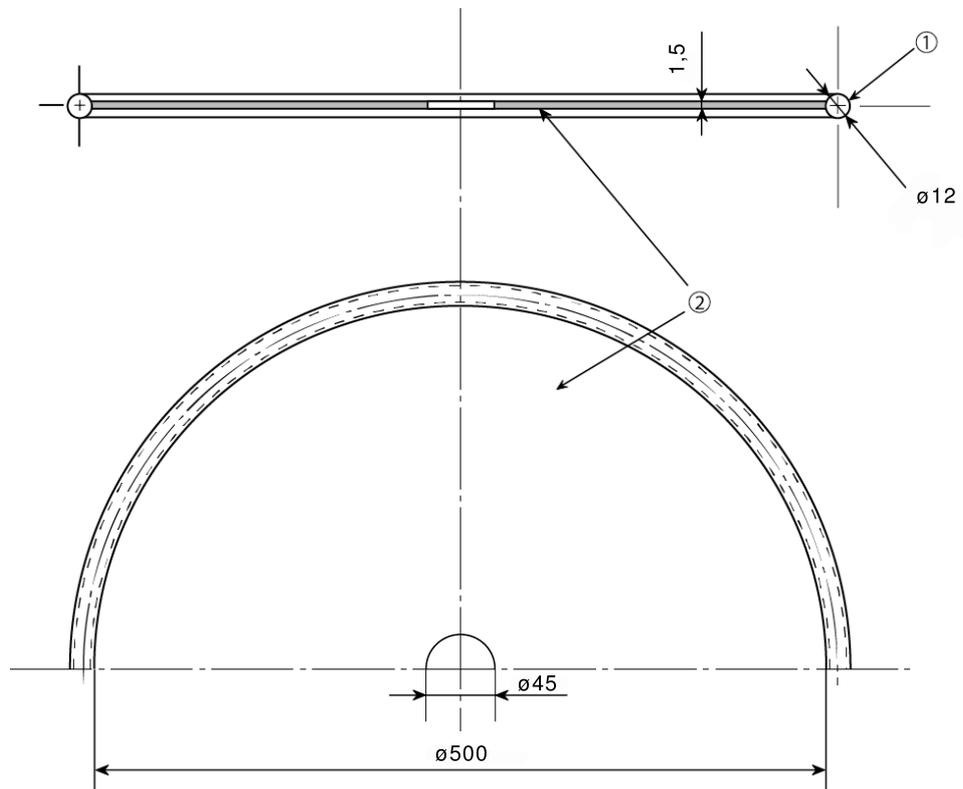
Key

A	insulating material	B	brass
1	socket for \varnothing 4 mm banana plug	5	insulating support
2	guard electrode	6	contact maintained by conductive adhesive tape
3	test piece of 300 mm length	7	socket for \varnothing 4 mm banana plug soldered on guard electrode
4	brass electrode		

Banana plugs may be replaced by other suitable electrical connectors.

Figure 2 – Assembly set-up of the test piece to the guard electrodes

Dimensions in millimetres



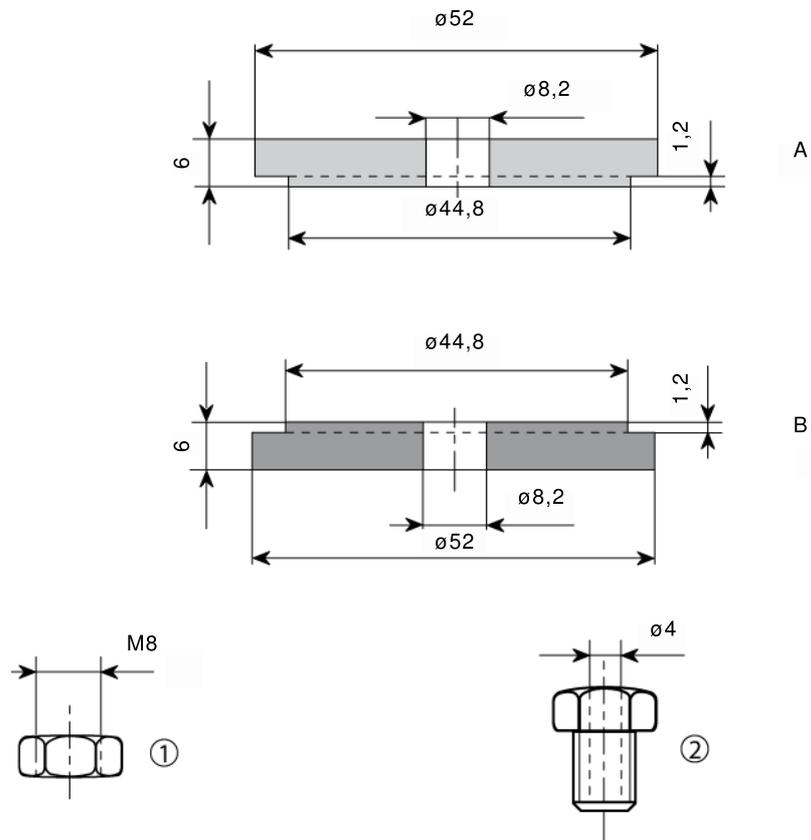
IEC

Key

- 1 copper tube soldered onto brass plate
- 2 brass plate

Figure 3a – Constructional drawing for guard electrodes (two required)

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- A insulating material
- B brass
- 1 two M8 brass nuts for rods
- 2 two M8 × 10 brass screws with $\varnothing 4$ mm holes for foam-filled tubes

Figure 3b – Constructional drawings for parts A and B**Figure 3 – Constructional drawings for guard electrodes and parts**

Dimensions in millimetres

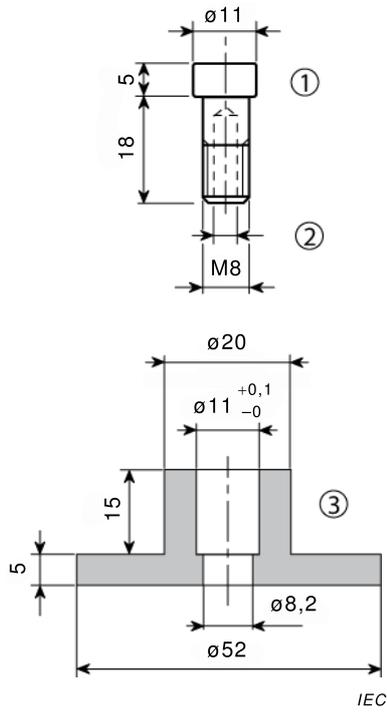


Figure 4a – For 10 mm diameter solid rod

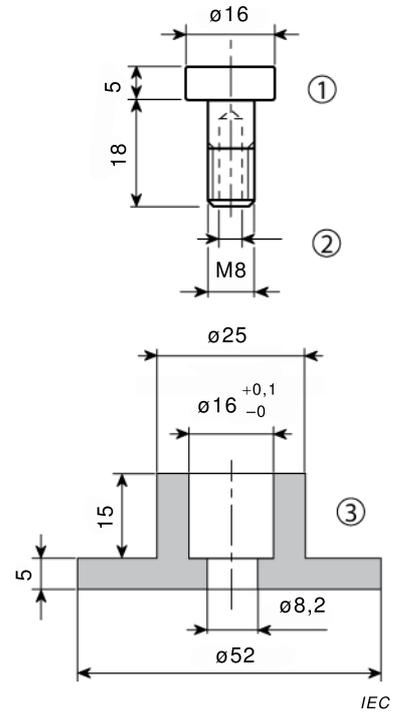


Figure 4b – For 15 mm diameter solid rod

Dimensions in millimetres

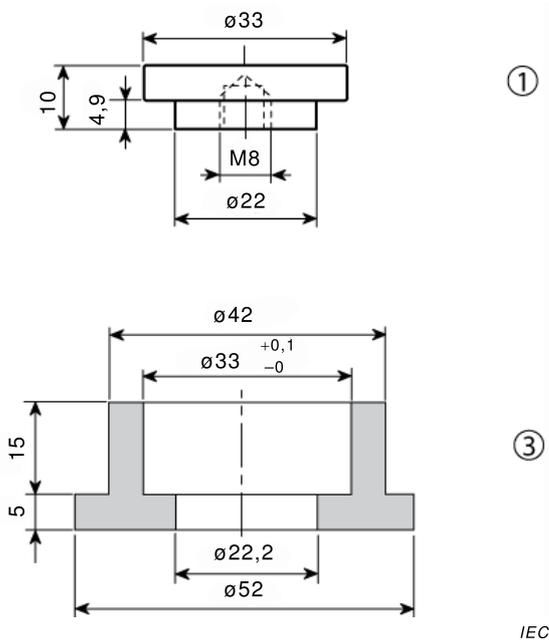


Figure 4c – For 32 mm diameter foam-filled tube

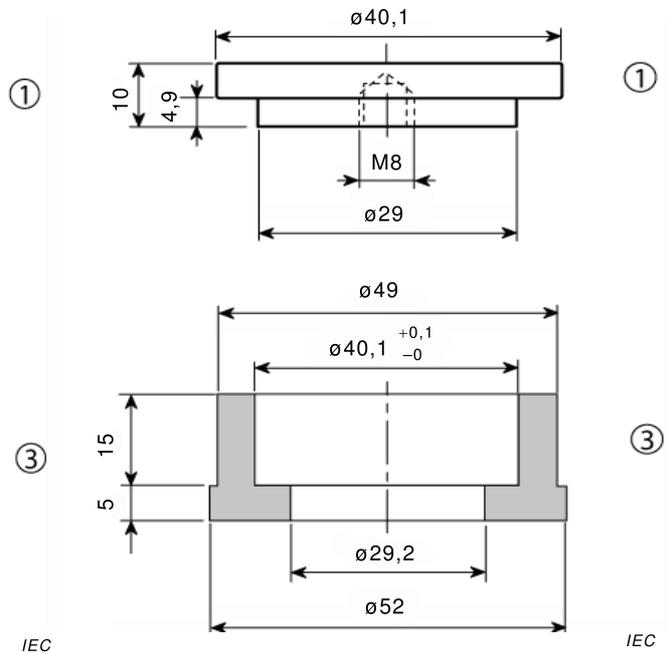


Figure 4d – For 39 mm diameter foam-filled tube

Dimensions in millimetres

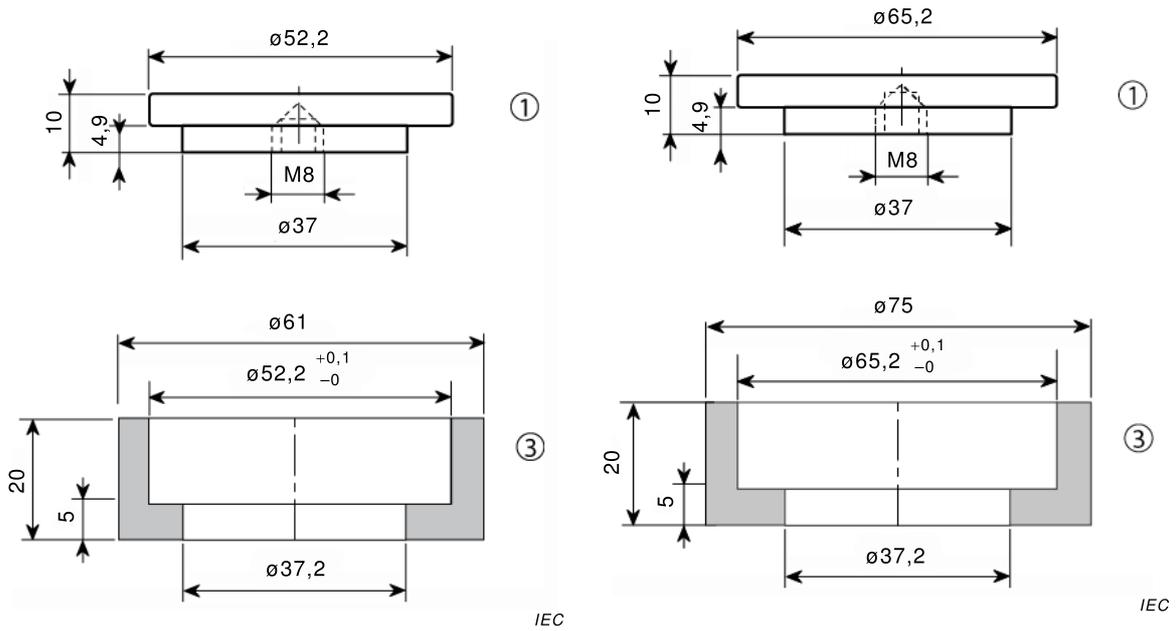


Figure 4e – For 51 mm diameter foam-filled tube

Figure 4f – For 64 mm diameter foam-filled tube

Dimensions in millimetres

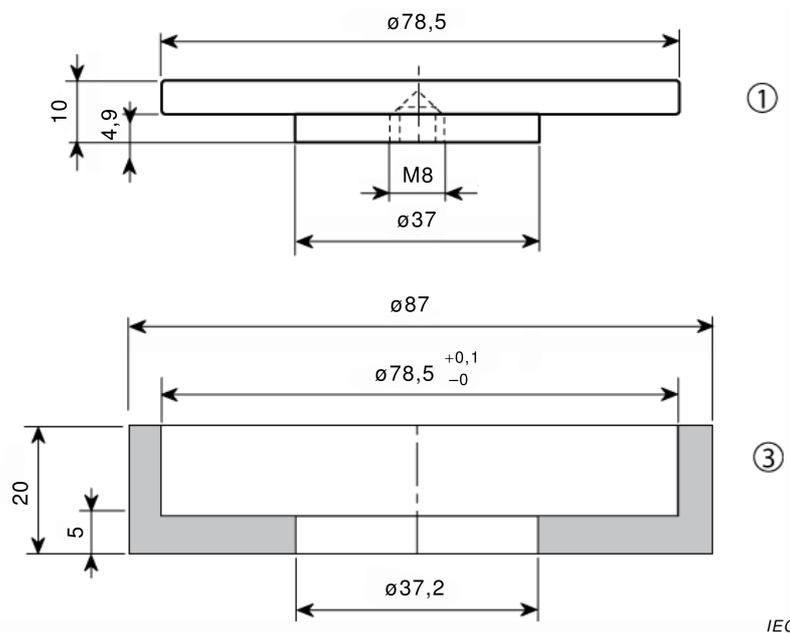


Figure 4g – For 77 mm diameter foam-filled tube

Key

- 1 brass electrode
- 2 Ø 4 mm hole for banana plug
- 3 insulating support

Figure 4 – Drawings for guard electrode parts according to test piece diameters

5.4.2.1.3 Tests before exposure to humidity

After at least 24 h in the ambient atmosphere of the test area, the current I_1 is measured at an alternating voltage of 100 kV rms at power frequency applied between the electrodes for 1 min. The maximum current and the phase angle φ_1 between current and voltage are recorded.

5.4.2.1.4 Tests after exposure to humidity

The test pieces shall be placed for 168 h in a conditioning chamber and subjected to a temperature of 23 °C and a relative humidity of 93 % according to Table 2 of IEC 60212:2010.

At the end of this 168 h period, the test pieces shall remain in an atmosphere of 93 % relative humidity and be tested upon return to the ambient temperature of the test area. After the test pieces have been lightly wiped with a dry cloth, the current I_2 and phase angle φ_2 are measured under the same conditions as I_1 and φ_1 .

The test piece shall be located in the same position in relation to earth; for both tests, the high voltage end shall remain the same.

5.4.2.1.5 Test results

Before exposure to humidity:

- the phase angle φ_1 measured shall be higher than 80°;
- the current I_1 measured shall not exceed the values given in Table 2.

Table 2 – Maximum current I_1 before exposure to humidity

Diameter (mm)	Solid rod		Foam-filled tube				
	10	15	32	39	51	64	77
Maximum current I_1 (µA rms)	10	10	10	12	15	20	25

The test shall be considered as passed if after exposure to humidity the current I_2 is lower than $2 I_1$.

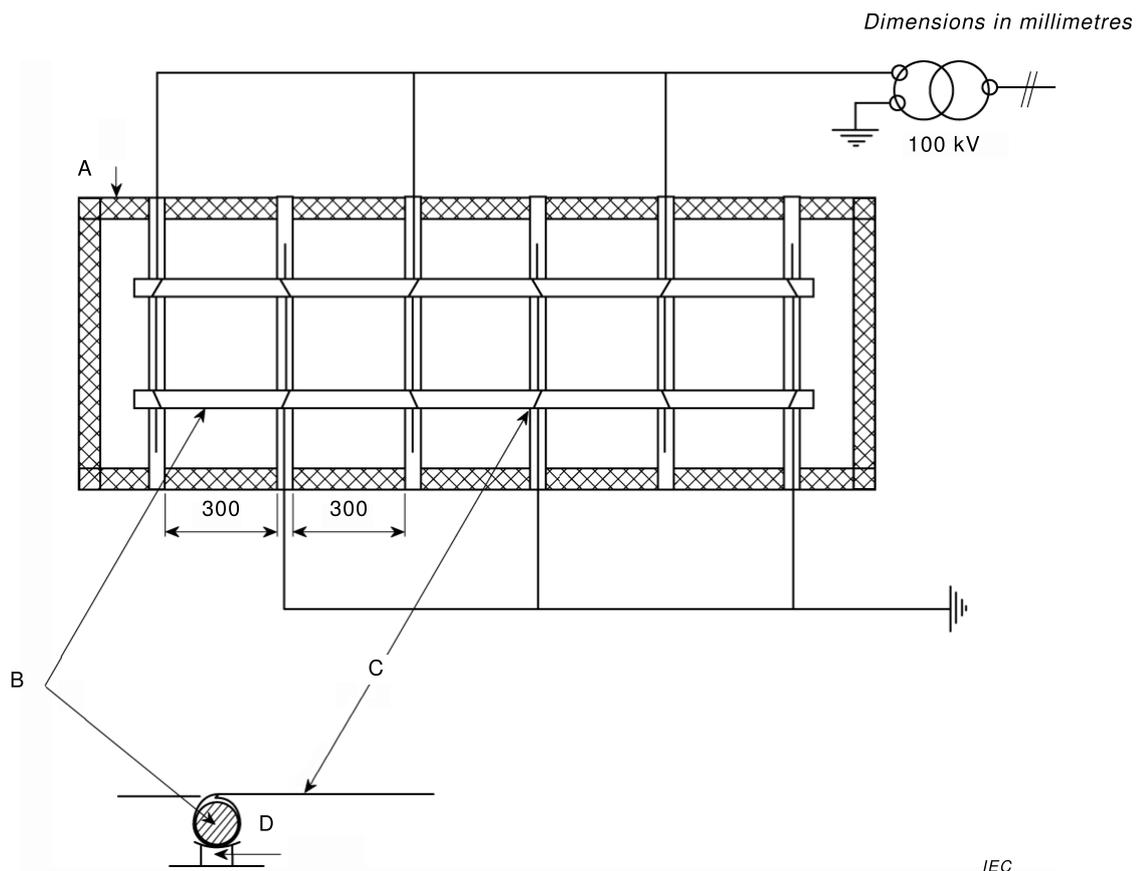
If I_2 is greater than $2 I_1$, but lower than $I_1 + 40 \mu\text{A}$, the test shall also be considered as passed if the phase angle between voltage and current is higher than 50° for foam-filled tubes and 40° for solid rods.

In no case shall I_2 be greater than $I_1 + 40 \mu\text{A}$.

5.4.2.2 Alternative tests in case of foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase

5.4.2.2.1 Alternative dry test

An example of a suitable test arrangement is given in Figure 5.

**Key**

- A insulating table
- B foam-filled tube or solid rod to be tested
- C stranded wire electrodes not less than 5 mm width
- D metallic support

**Figure 5 – Alternative dielectric test under dry condition –
Example of a typical test arrangement**

The foam-filled tubes and solid rods shall be subjected to an alternating voltage of 100 kV rms at power frequency applied between electrodes 300 mm apart, for 1 min. The AC voltage shall be initially applied at a low value and gradually increased at a constant rate-of-rise of approximately 5 kV/s until the test voltage level is reached. The test period shall be considered to start at the instant the specified voltage is reached.

The test shall be considered as passed if the foam-filled tubes and solid rods fulfil the following:

- no flashover, no sparkover or puncture;
- no visual sign of tracking or erosion on the surface;
- no perceptible temperature rise of the foam-filled tube or solid rod estimated by bare hand.

5.4.2.2.2 Alternative test after exposure to immersion

At the production stage, it is not possible to perform the test of 5.4.2.1.4 which requires a long duration conditioning not compatible with the production stage.

The manufacturer shall perform the test as follows:

- the test set-up shall be the one of 5.4.2.1;
- the conditioning is carried out according to the following.

Before the test, each test piece of 300 mm length shall be prepared by cleaning with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) and then dried in air at room temperature for a period of not less than 15 min.

The test pieces shall be conditioned by total immersion for 24 h in a tank of tap water with a minimum conductivity of 500 $\mu\text{S/cm}$ corresponding to a maximum resistivity of 20 $\Omega\cdot\text{m}$, at 20 °C.

At the end of this conditioning period, the test pieces shall be lightly wiped with a clean dry lint-free cloth, and the ends of the test pieces covered with conducting adhesive tape. The test pieces shall be tested upon return to room temperature in the test area.

5.4.3 Wet test

5.4.3.1 Type test

5.4.3.1.1 General test conditions

Before the test, each test piece shall be prepared by cleaning with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) and then dried in air at room temperature for a period of not less than 15 min.

The electrodes shall be made of an aluminium or copper soft wire 3 mm to 4 mm in diameter, encircling the test piece with three or four turns, as shown in Figure 6a. The electrodes shall be placed symmetrically on the test piece and spaced 1 m apart (see Figure 6b). The fixing support shall be placed at the lower part of the test piece. The high voltage electrode shall be placed at the upper end of the test piece.

The surface of the electrode should not be oxidized, and if a treatment against oxidization is applied, it should not modify the characteristics of the water streaming on the test piece.

The test assembly shall comply with Figure 6b. The test piece shall be inclined at an angle of 45° from the vertical. A voltage of 100 kV rms at power frequency shall be applied between the electrodes for 1 h. The AC voltage shall be initially applied at a low value and gradually increased at a constant rate-of-rise of approximately 5 kV/s until the test voltage level is reached. The test period shall be considered to start at the instant the specified voltage is reached.

5.4.3.1.2 Precipitation characteristics

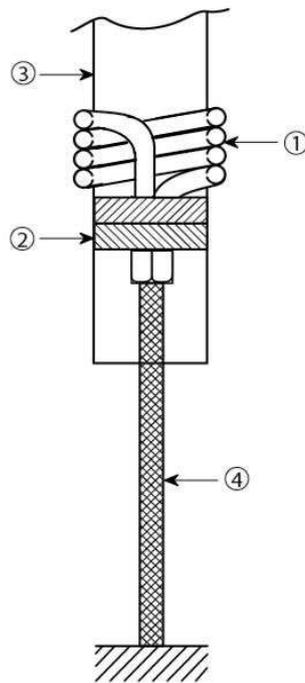
The wet test shall be carried out in accordance with the standard wet test procedure described in IEC 60060-1 except for the average and the beginning of the precipitation:

- average precipitation rate in vertical and horizontal directions: 1,0 mm/min to 1,5 mm/min;
- resistivity of collected water corrected to 20 °C: 100 $\Omega\cdot\text{m} \pm 15 \Omega\cdot\text{m}$;
- precipitation shall commence immediately when the voltage is applied.

Precipitation shall be such that the water falling near the test piece shall be at a 90° angle to the test piece, as shown in Figure 6b.

The temperature of the water shall be similar to the temperature of the test area.

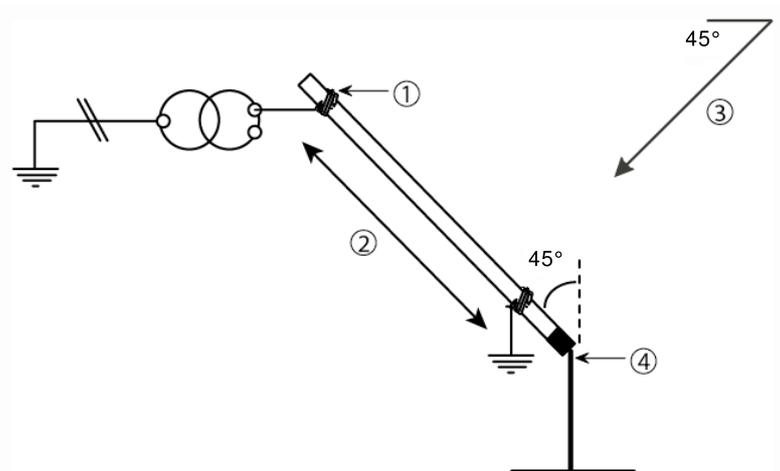
As the ambient temperature can change faster than the temperature of the water, when the temperature is measured a deviation of 3 °C is allowed.



IEC

Key

- 1 aluminium or copper soft tie wire; 3 to 4 turns, 3 mm to 4 mm diameter
- 2 electrode fixed by adhesive tape
- 3 test piece
- 4 earthing brass braid; 10 mm² cross area

Figure 6a – Details of electrode arrangement

IEC

Key

- 1 high voltage electrode
- 2 electrode spacing, 1 m
- 3 rain direction
- 4 1 m minimum height fixing support

Figure 6b – Typical test arrangement**Figure 6 – Wet test**

5.4.3.1.3 Test results

The test shall be considered as passed if the following conditions are met:

- no flashover during the test;
- no sparkover or puncture;
- no visual sign of tracking or erosion on the surface;
- no temperature rise greater than 7 °C, relative to the initial test piece temperature, on any spot from 10 cm to the high voltage electrode to 10 cm from the earth electrode on the surface of the test piece at the end of the test period. The temperature measurement shall take place no more than 2 min after completion of the test.

An infrared camera can be used to measure the temperature of the surface. The camera should be calibrated for the test object prior to use.

5.4.3.2 Alternative means for insulating foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase

There is no alternative test for checking the conformity with the associated requirement (for instance, some tests could be destructive). Nevertheless, the manufacturer shall prove that he has followed the same documented manufacturing procedure with identical components as for the type-tested product.

5.5 Mechanical tests

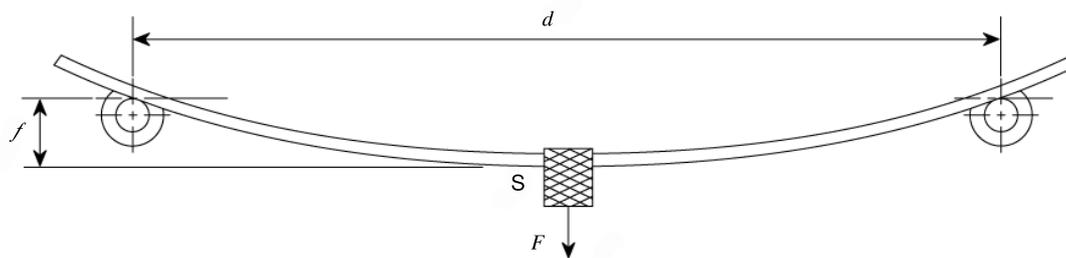
5.5.1 Bending test

5.5.1.1 Type test

A foam-filled tube 2,50 m long or a solid rod 2 m long shall be placed between two supports consisting of pulleys (Figure 7) with the following distance d between the axes:

- 0,50 m for solid rods;
- 1,50 m for 32 mm diameter foam-filled tubes;
- 2 m for 39 mm diameter foam-filled tubes or larger.

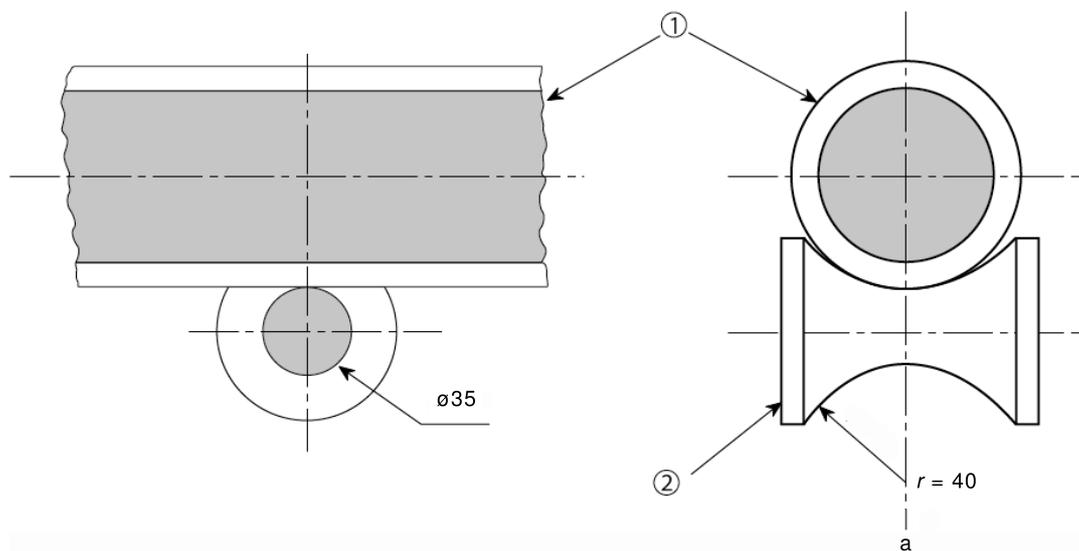
At the centre of the span, a vertical force F shall be applied to a leather or fabric strap, 50 mm \pm 2,5 mm wide, which is placed on the foam-filled tube or solid rod.



IEC

Key

S strap

Figure 7a – Bending test assembly*Dimensions in millimetres*

IEC

Section a-a

Key

1 foam-filled tube under test

2 pulley

Figure 7b – Detail of supports**Figure 7 – Bending test**

F_d is the force for which the elastic limit is not exceeded.

The applied force F shall be increased at a rate of (200 ± 50) N/s and the deflection shall be measured for the loads $\frac{F_d}{3}$, $\frac{2F_d}{3}$ and F_d , these having been maintained for 30 s.

The difference between the deflections measured for $\frac{F_d}{3}$ and $\frac{2F_d}{3}$ and for $\frac{2F_d}{3}$ and F_d , shall be less than the value of f indicated in Table 3.

This force shall then be removed progressively and, 1 min after the force has been removed, the residual deflection shall be measured; this shall not exceed 6 % of the deflection measured during application of the force F_d for foam-filled tubes, and 1 mm for solid rods.

The foam-filled tubes and solid rods shall then be rotated through 90°, 180° and 270°, and the test repeated for each position. For the same load, the deflection f shall not vary by more than 15 %.

The measured deflection produced by force F_d shall be compared with that for the previous test. With the foam-filled tube and solid rod in the plane for which the total deflection was the greatest, the force shall then be reapplied and progressively increased under the same conditions as above, up to the value F_r , which is then maintained for 30 s. There shall be no sign of failure.

The test shall be continued until the test piece breaks and the actual breaking load is recorded for information.

Table 3 gives the values of F_d , f and F_r for foam-filled tubes and solid rods of specific diameters.

Table 3 – Values of F_d , f and F_r for bending test

External diameter of foam-filled tube or solid rod mm		Distance between supports d m	F_d N	f mm	F_r N	Length of test piece m
Solid rods	10	0,5	270	20	540	2
	15	0,5	1 350	15	2 700	2
Foam-filled tubes	32	1,5	1 100	35	2 150	2,5
	39	2	1 500	50	2 950	2,5
	51	2	3 250	45	6 450	2,5
	64	2	5 500	35	11 000	2,5
	77	2	11 650	30	23 250	2,5

5.5.1.2 Alternative bending test for insulating foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase

There is no alternative test for checking the conformity with the associated requirement (for instance, this test could be destructive). Nevertheless, the manufacturer shall prove that he has followed the same documented manufacturing procedure with identical components as for the type-tested product.

In addition, the manufacturer shall perform a test according to 5.5.1.1 except for the measurement of F_r . Only f shall be measured.

5.5.2 Torsion test

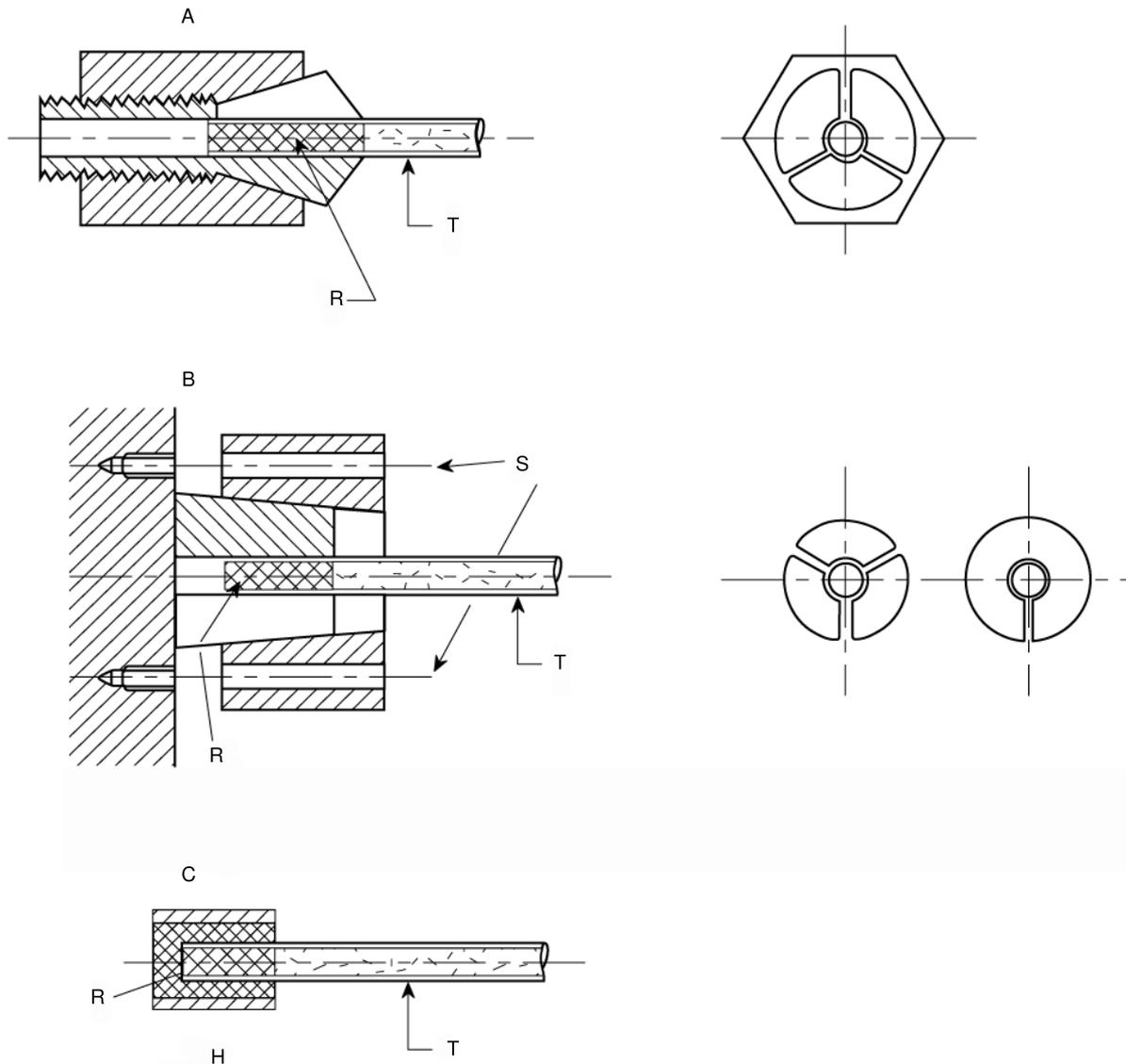
The test piece shall be subjected to a torsion test over a length of 1 m (between collets or terminations). Figure 8 shows suitable alternative methods of fixing the ends of the test pieces for this test.

A linear torque shall be applied progressively at a rate of not more than $(5 \pm 2) \text{ N}\cdot\text{m/s}$ up to the value C_d , which is the torque for which neither audible nor visible defects are observed. At this value, the angular deflection measured after a 30 s application of the torque shall be less than the corresponding angle a_d (see Table 4).

The torque shall then be removed and, after 1 min, the residual angle of deflection shall be measured. This shall be less than 1 % of a_d for solid rods, and 1° for foam-filled tubes.

An increasing torque shall then be reapplied, as above, up to a value C_r and shall be maintained for 30 s. There shall be no sign of failure.

The test shall be continued until the test piece breaks, for information purposes.



IEC

Key

A	test piece gripped in spring collet	H	housing suitable for gripping in mandrel
B	test piece gripped by taper mandrel	S	screws
C	termination potted in resin	T	test piece
R	resin		

Figure 8 – Torsion test – Examples for fixing foam-filled tube and solid rod

Table 4 – Values of C_d , a_d and C_r for torsion test

External diameter of foam-filled tube and solid rod mm		C_d N·m	a_d degrees	C_r N·m
Solid rods	10	4,5	150	9
	15	13,5	180	27
Foam-filled tubes	32	40	35	80
	39	80	40	160
	51	120	12	240
	64	320	12	640
	77	600	8	1 200

5.5.3 Crushing test on insulating foam-filled tube

The length of each test piece shall be equal to three times the external diameter. The test piece shall be placed between two smooth, flat, parallel, rigid plates and compressed (see Figure 9). The length of the plates shall be at least equal to the test piece length plus 20 mm. The distance between plates shall then be continuously decreased at a constant speed of 2 mm/min.

The force F applied to the test piece shall be recorded versus time.

Two values of F are to be considered:

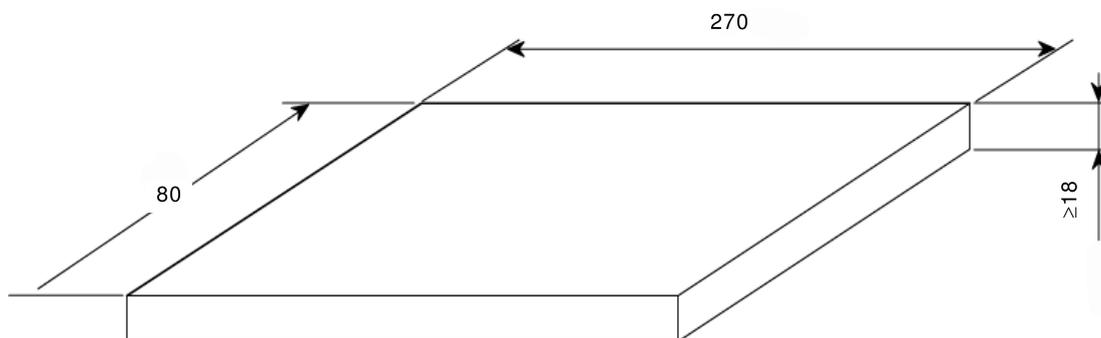
- $F = F_d$: minimum value of F where first linearity is lost. This corresponds to a loss of $\Delta F \geq 0,01 F_d$;
- $F = F_r$: maximum value of F recorded during the three first minutes of test (displacement ≤ 6 mm).

F_d and F_r measured values shall be higher than the values specified in Table 5.

Table 5 – Values of F_d and F_r for crushing test

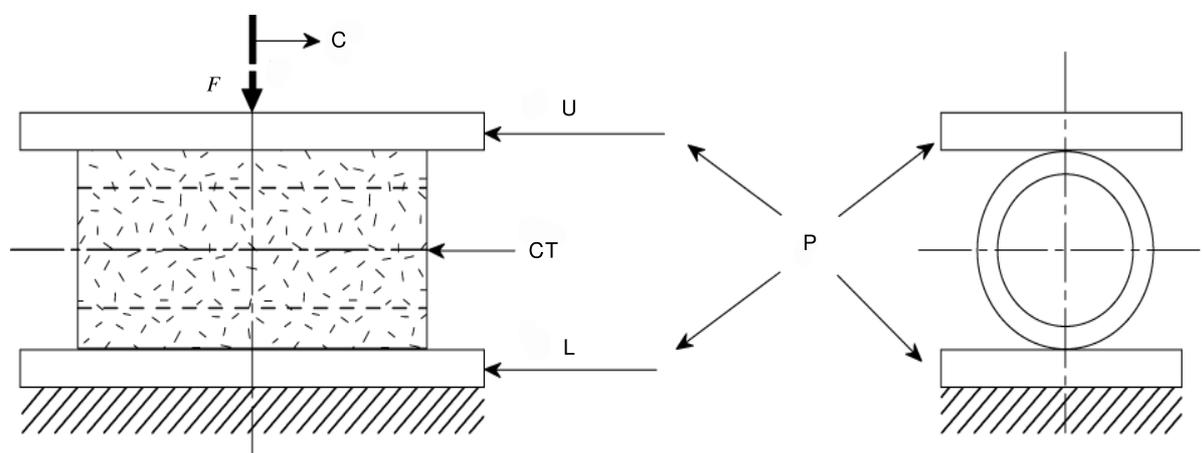
Nominal diameter of foam-filled tube mm	32	39	51	64	77
F_d (N)	700	1 650	3 000	3 400	7 000
F_r (N)	1 400	3 300	6 000	6 800	14 000

Dimensions in millimetres



NOTE Young's modulus of material $E \geq 2,2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$.

Figure 9a – Two crushing plates



Key

C	centred	U	upper plate
CT	centred test piece	L	lower plate
P	plates		

Upper-plate stability shall be ensured by displacing down application point of force F , with the help of stirrups.

Figure 9b – Test mounting

Figure 9 – Crushing test

5.5.4 Electrical test after mechanical ageing

5.5.4.1 Bending ageing test

The test consists of subjecting each test piece to a total of 4 000 bending cycles under the test conditions described in 5.5.1. The force F_d indicated in Table 3 shall be applied at the midpoint of the test piece, to give 1 000 bending cycles in each of four directions, 90° apart.

The frequency of application of the load shall be between one and two cycles per minute. The test piece shall be rotated through 90° after each 1 000 bending cycles.

The test shall be considered as passed if, after 4 000 cycles, the test piece shows no signs of deterioration, localized or otherwise, nor any permanent set, during a visual check.

5.5.4.2 Dielectric test after mechanical ageing

Two 300 mm new test pieces shall be cut from each half of the three test pieces having undergone the 4 000 cycles bending test. These six new test pieces shall be tested before and after exposure to humidity as described in 5.4.2.1.

The test shall be considered as passed if the results are in accordance with 5.4.2.1.5.

5.5.5 Dye penetration test

The three test pieces shall be totally immersed in a container filled with aqueous dye solution. The dye shall be selected in accordance with occupational health and environmental requirements.

NOTE IEC 60855:1985 specified a solution of fuschine. For health considerations, efforts have been made by TC78 to identify a replacement and comparative dye penetration tests have been carried out, using various dyes. These tests indicate that the choice of the dye does not affect significantly the characterization of foam-filled tubes and solid rods. In practice however, eosine ($C_{60}H_6Br_4Na_2O_5$) proves to be particularly convenient. The concentration of the eosine is about 1 % to 2 % in distilled water.

The container with the immersed test pieces shall be placed in a vacuum chamber at a pressure of less than 6 500 Pa (about 50 Torr). After 1 h, the pressure shall be released and the test pieces shall be removed from the solution.

In order to avoid dye solution spreading from the test piece ends during cutting, the test pieces shall be dried for 24 h at a temperature of about 35 °C before cutting them.

After drying, the test pieces shall be cut 5 mm from each end. The new test pieces thus obtained shall be slit lengthways.

The test shall be considered as passed if there is no sign of solution dye penetration in either the *foam*, at the junction of the *foam* and the insulating tube, or in the solid rod.

5.5.6 Durability of marking

This test is carried out on the markings of three initial lengths of foam-filled tube and solid rod provided by the manufacturer, before the test pieces are cut from them.

The markings shall be rubbed vigorously for 1 min with a clean cloth soaked in water, then with a clean cloth soaked in isopropanol ($CH_3-CH(OH)-CH_3$).

The test shall be considered as passed if the markings are still legible and the characters do not run or smear.

NOTE This test does not apply to the marking of the packaging.

6 Conformity assessment of foam-filled tubes and solid rods having completed the production phase

For conducting the conformity assessment during the production phase, IEC 61318 shall be used in conjunction with this part of IEC 60855.

Annex B developed from a risk analysis on the performance of the foam-filled tubes and solid rods provides the classification of defects and identifies the associated tests applicable in case of production follow-up.

7 Modifications

Any modification of the design of foam-filled tubes and solid rods that affects the performance of the product shall require the type tests to be repeated, in whole or in part, as well as a change in the reference literature. If the modification of a characteristic does not modify the requirements which are checked through a certain test, it is not necessary to repeat this test.

Annex A (normative)

Plan of carrying out of the type tests

The numbers given in the different test groups of Table A.1 indicate the order in which the tests shall be carried out. Within a group, tests with the same sequential number may be performed in the order that is most convenient.

Table A.1 – Chronological order of the type tests

Type tests	Subclause		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7
	Requirements	Tests							
Dimensional check ^a	4.4	5.3.3	1	1	1	1	1	1	1
Durability of marking ^b	4.5	5.5.6	1	1	1	1	1	1	1
Visual check ^c	4.1 4.5 4.6	5.3.2	2	2	2	2	2	2	2
Dielectric test before and after exposure to humidity	4.2	5.4.2.1	3						
Wet test	4.2	5.4.3		3					
Bending test	4.3	5.5.1.1			3				
Torsion test	4.3	5.5.2				3			
Crushing test on foam-filled tube	4.3	5.5.3					3		
Bending ageing test	4.3	5.5.4.1						3	
Dielectric test after mechanical ageing	4.3	5.5.4.2						4	
Dye penetration test	4.2	5.5.5							3
^a This check is carried out on the initial lengths of solid rod and/or foam-filled tube provided by the manufacturer, before the test pieces are cut off. ^b This check is carried out on the markings of 3 initial lengths of solid rod and/or foam-filled tube provided by the manufacturer, before the test pieces are cut from them. ^c This check is carried out on the initial lengths of solid rod and/or foam-filled tube provided by the manufacturer, before the test pieces are cut off, then on the test pieces after cutting.									

Annex B (normative)

Classification of defects and associated requirements and tests

Annex B was developed to address the level of defects of foam-filled tubes and solid rods (critical, major or minor) in a consistent manner (see IEC 61318). For each requirement identified in Table B.1, both the type of defect and the associated test are specified.

Table B.1 – Classification of defects and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Tests
		Critical	Major	Minor	
4.1	Material and design	X			5.3.2 ^a
4.2	Dielectric strength before exposure to humidity	X			5.4.2.2.1
	Dielectric strength after exposure to humidity		X		5.4.2.2.2
	Dielectric strength of external surface	X			5.4.3.2
4.3	Mechanical: bending	X			5.5.1.2
	Mechanical: torsion		X		5.5.2
	Mechanical: crushing		X		5.5.3
4.4	Tolerance requirements on external diameter	X			5.3.3
4.5	Marking:				
	– absence of marking		X		5.3.2
	– incorrect marking	X			5.3.2
	– durability of marking			X	5.5.6
^a This check is carried out on the initial lengths of solid rod and/or foam-filled tube provided by the manufacturer, before the test pieces are cut off.					

Bibliography

IEC 60050-651:2014, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 651: Live working* (available at: www.electropedia.org)

IEC 61477, *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	36
INTRODUCTION.....	38
1 Domaine d'application.....	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	39
4 Exigences	40
4.1 Matériaux et conception	40
4.2 Exigences électriques	40
4.3 Exigences mécaniques.....	40
4.4 Diamètres des tubes remplis de mousse et des tiges pleines	40
4.5 Marquage	41
4.6 Emballage.....	41
5 Essais	41
5.1 Généralités	41
5.2 Conditions des essais de type	42
5.2.1 Généralités	42
5.2.2 Groupes et éprouvettes.....	42
5.3 Contrôles visuel et dimensionnel	43
5.3.1 Généralités	43
5.3.2 Contrôle visuel.....	43
5.3.3 Contrôle dimensionnel.....	43
5.4 Essais électriques	43
5.4.1 Généralités	43
5.4.2 Essai diélectrique avant et après exposition à l'humidité	43
5.4.3 Essai sous pluie.....	53
5.5 Essais mécaniques	55
5.5.1 Essai de flexion	55
5.5.2 Essai de torsion	57
5.5.3 Essai d'écrasement du tube isolant rempli de mousse.....	59
5.5.4 Essai électrique après vieillissement mécanique.....	60
5.5.5 Essai de pénétration de la solution colorante	61
5.5.6 Durabilité du marquage	61
6 Évaluation de la conformité des tubes remplis de mousse et tiges pleines issus de la production	61
7 Modifications	62
Annexe A (normative) Plan de réalisation des essais de type.....	63
Annexe B (normative) Classification des défauts et exigences et essais associés	64
Bibliographie	65
Figure 1 – Schéma typique de montage d'essai diélectrique	45
Figure 2 – Montage de l'éprouvette dans les électrodes de garde	46
Figure 3 – Dessins d'exécution des électrodes de garde et accessoires	48
Figure 4 – Dessins des accessoires pour électrodes de garde selon des diamètres d'éprouvettes.....	50
Figure 5 – Essai diélectrique alternatif à sec – Exemple d'un montage typique d'essai	52

Figure 6 – Essai sous pluie	54
Figure 7 – Essai de flexion.....	56
Figure 8 – Essai de torsion – Exemples d’encastrement de tube rempli de mousse et de tige pleine.....	58
Figure 9 – Essai d’écrasement	60
Tableau 1 – Diamètres spécifiés	41
Tableau 2 – Courant maximal I_1 avant exposition à l’humidité	51
Tableau 3 – Valeurs de F_d , f et F_r pour essai de flexion	57
Tableau 4 – Valeurs de C_d , a_d et C_r pour essai de torsion	59
Tableau 5 – Valeurs de F_d et F_r pour essai d’écrasement.....	59
Tableau A.1 – Ordre chronologique des essais de type.....	63
Tableau B.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés	64

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – TUBES ISOLANTS REMPLIS DE MOUSSE ET TIGES ISOLANTES PLEINES –

Partie 1: Tubes et tiges de section circulaire

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60855-1 a été établie par le comité d'études 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2009. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- la réintroduction des diamètres spécifiques de tubes remplis de mousse et de tiges pleines de section circulaire avec ses tolérances;
- la réintroduction des essais diélectriques avant et après exposition à l'humidité, comme indiqué dans l'IEC 60855:2009;

- la spécification d'un essai alternatif (après exposition à l'immersion) dans le cas de tubes remplis de mousse et de tiges pleines issus de la production;
- le réexamen des valeurs spécifiées maximales du déphasage;
- le réexamen de la procédure d'essai sous pluie et l'amélioration du montage d'essai associé;

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1147/FDIS	78/1156/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.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60855, publiées sous le titre général *Travaux sous tension – tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les termes définis à l'Article 3 sont présentés en *italique* tout au long de la présente norme.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 60855 a été rédigée en conformité avec les exigences de l'IEC 61477.

Pendant certaines ou pendant toutes les étapes de son cycle de vie, le produit couvert par la présente partie de l'IEC 60855 peut avoir un impact sur l'environnement. Ces impacts peuvent être de légers à importants, de court ou de long terme, et se produire à un niveau local, régional ou mondial.

La présente partie de l'IEC 60855 ne comporte pas d'exigences et de dispositions d'essai s'adressant au fabricant, ou de recommandations aux utilisateurs du produit ayant pour but d'améliorer l'environnement. Cependant, tous les intervenants à sa conception, sa fabrication, son emballage, sa distribution, son utilisation, son entretien, sa réparation, sa réutilisation, sa récupération et sa mise au rebut sont invités à prendre en compte les éléments environnementaux.

Le comité d'études 78 étudie la préparation de l'IEC 60855-2 qui serait applicable aux tubes remplis de mousse et aux tiges pleines de section autre que circulaire.

TRAVAUX SOUS TENSION – TUBES ISOLANTS REMPLIS DE MOUSSE ET TIGES ISOLANTES PLEINES –

Partie 1: Tubes et tiges de section circulaire

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60855 est applicable aux *tubes isolants remplis de mousse* et aux tiges isolantes pleines, de section circulaire, fabriqués en matériaux synthétiques avec fibre de verre renforcée et destinés à être utilisés dans la fabrication et la construction des outils, dispositifs et équipements pour réaliser des travaux sous tension sur des réseaux électriques de tension supérieure à 1 kV.

Les tubes remplis de mousse et les tiges pleines de section autre que circulaire et/ou fabriqués en matériaux autres que des matériaux synthétiques en fibre de verre renforcée ne sont pas couverts par la présente partie de l'IEC 60855.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

IEC 60212:2010, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

IEC 61318, *Travaux sous tension – Évaluation de la conformité applicable à l'outillage, au matériel et aux dispositifs*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61318 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

mousse

matériau isolant constitué de cellules fermées, généralement fait de polyuréthane, utilisé pour empêcher la pénétration et le cheminement de l'humidité

Note 1 à l'article: La *mousse* est le support intérieur pour la fabrication des tubes remplis de *mousse* couverts par la présente partie de l'IEC 60855.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-03, modifiée – La note a été modifiée pour faire référence spécifiquement aux tubes remplis de *mousse* couverts par la présente partie de l'IEC 60855.]

3.2

tube isolant rempli de mousse

tube rempli de mousse

tube de section circulaire uniforme fourni en longueurs rectilignes, fabriqué sur une *mousse* et construit ou formé en matériau synthétique isolant et rigide avec fibre de verre renforcée

3.3

tige isolante pleine

tige pleine

produit plein de section circulaire uniforme fourni en longueurs rectilignes, construit ou formé en matériau synthétique isolant et rigide renforcé

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-04, modifiée – Le terme et sa définition ont été modifiés pour faire référence spécifiquement aux *tiges isolantes pleines* couvertes par la présente partie de l'IEC 60855.]

4 Exigences

4.1 Matériaux et conception

Les tubes remplis de *mousse* et les tiges pleines doivent être constitués d'un matériau isolant synthétique avec fibre de verre renforcée.

NOTE Le jaune, l'orange et le rouge sont les couleurs préférentielles pour indiquer que le matériau a des propriétés isolantes.

Tout revêtement appliqué peut être transparent ou coloré.

Le garnissage de *mousse* doit être intimement lié aux parois du tube isolant, et ni la *mousse* ni cette liaison ne doivent être dégradées durant les essais, à l'exception des essais qui conduisent à la destruction des parties constructives. Le garnissage de *mousse* doit être exempt de vides, séparations, fissures ou autres défauts.

4.2 Exigences électriques

Le matériau et la conception des tubes remplis de *mousse* et des tiges pleines doivent avoir des propriétés isolantes.

La surface externe des tubes remplis de *mousse* et des tiges pleines doit avoir des propriétés hydrophobes.

4.3 Exigences mécaniques

Le matériau et la conception des tubes remplis de *mousse* et des tiges pleines doivent avoir des propriétés de résistance mécanique.

4.4 Diamètres des tubes remplis de mousse et des tiges pleines

Tous les diamètres mesurés doivent être compris dans les limites de tolérance spécifiées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Diamètres spécifiés

Produit	Diamètre extérieur nominal mm	Tolérance sur le diamètre extérieur mm
Tige pleine	10	± 1
	15	± 1
Tube rempli de mousse	32	± 1
	39	± 1,1
	51	± 1,2
	64	± 1,3
	77	± 1,5

4.5 Marquage

Le marquage en relief est interdit.

Le marquage de chaque tube rempli de *mousse* et de chaque tige pleine doit porter au moins les renseignements suivants:

- le nom du fabricant ou la marque commerciale;
- le diamètre extérieur nominal;
- la date de fabrication (mois et année) et le numéro d'identification le cas échéant;
- le numéro de la norme IEC applicable (IEC 60855-1).

D'autres caractéristiques ou informations non nécessaires sur le lieu de travail, telles que l'année de publication de la norme, doivent être associées à chaque produit par d'autres moyens, tels que le codage d'information (code-barres, puces électroniques, etc.) sur le produit ou sur son emballage.

Le marquage doit être clairement lisible par une personne ayant une vue normale ou corrigée, sans moyen de grossissement additionnel. Le marquage doit être durable et ne doit pas nuire aux performances électriques des tubes remplis de *mousse* et des tiges pleines.

4.6 Emballage

Le marquage de chaque emballage doit porter au moins les renseignements suivants:

- le nom du fabricant ou la marque commerciale;
- le diamètre extérieur nominal;
- la date de fabrication (mois et année) et le numéro d'identification le cas échéant;
- le numéro de la norme IEC applicable (IEC 60855-1).

Il convient que l'emballage réduise l'action abrasive ou le contact direct avec les autres tubes remplis de *mousse* ou tiges pleines ou avec toute surface qui pourrait endommager la surface polie.

5 Essais

5.1 Généralités

La présente partie de l'IEC 60855 fournit les dispositions d'essai qui permettent de démontrer que les tubes remplis de *mousse* et les tiges pleines satisfont aux exigences de l'Article 4. Ces dispositions d'essai sont principalement destinées à être utilisées comme essais de type

permettant de valider la conception. Lorsque cela est approprié, des moyens alternatifs (calcul, examen, essais, etc.) sont spécifiés dans les paragraphes consacrés aux essais et sont destinés aux tubes remplis de mousse et aux tiges pleines, issus de la production (voir Annexe B).

5.2 Conditions des essais de type

5.2.1 Généralités

Pour être conforme à la présente partie de l'IEC 60855, la conception du produit doit satisfaire à tous les essais de type énumérés dans le Tableau A.1.

Les essais de type doivent être réalisés en suivant l'ordre donné dans le Tableau A.1.

Chaque essai doit être réalisé sur chaque éprouvette du groupe concerné.

Si l'une des éprouvettes ne satisfait pas à l'un des essais mentionnés dans l'Annexe A, la conception doit être rejetée.

Pour tous les essais de type, les conditions ambiantes du local d'essai doivent être celles des conditions atmosphériques normales du Tableau 2 de l'IEC 60212:2010, à une température comprise entre 15 °C et 35 °C, avec un taux d'humidité relative de 25 % à 75 % (en tenant compte de la Note 4 du Tableau 2 de l'IEC 60212:2010).

Néanmoins, pour l'essai électrique, les conditions atmosphériques doivent être une température comprise entre 18 °C et 28 °C, avec un taux d'humidité relative de 45 % à 75 %.

La présente partie de l'IEC 60855 couvre les tubes remplis de mousse et les tiges pleines pour une utilisation à des températures comprises entre –25 °C et +55 °C et un taux d'humidité relative entre 20 % et 93 %. Pour les tubes remplis de mousse et les tiges pleines destinés à une utilisation en conditions atmosphériques inhabituelles (températures plus basses ou plus hautes, taux d'humidité relative plus élevé), il convient que les essais soient plus contraignants et soient réalisés sous des conditions appropriées.

Sauf spécification contraire, pour tous les essais de type, la tolérance sur les dimensions doit être de $\pm 0,5$ %.

Quand il est requis de procéder à un contrôle visuel, cela doit être compris comme étant un contrôle effectué par une personne dont la vue est normale ou corrigée, sans moyen de grossissement additionnel.

5.2.2 Groupes et éprouvettes

Le fabricant doit fournir des longueurs de tube rempli de mousse et de tige pleine permettant d'obtenir les groupes d'éprouvettes qui suivent. Pour chacune des éprouvettes de chaque groupe, la longueur correspondante doit être coupée à au moins 0,1 m du bord de la longueur initiale de tige pleine ou de tube rempli de mousse livrée par le fabricant.

Groupe 1: trois éprouvettes de 0,3 m.

Groupe 2: trois éprouvettes de 1,2 m.

Groupe 3: trois éprouvettes de 2,5 m pour un tube rempli de mousse et de 2 m pour une tige pleine.

Groupe 4: trois éprouvettes de 1,2 m.

Groupe 5: (pour les tubes remplis de mousse seulement): trois éprouvettes de longueur égale à trois fois le diamètre extérieur ± 5 %.

Groupe 6: trois éprouvettes de 2,5 m.

Groupe 7: trois éprouvettes de (100 ± 5) mm.

Une longueur de 2 m doit être conservée comme échantillon de référence.

Lors de la découpe, l'équipement employé ne doit pas laisser de traces d'échauffement sur la section coupée. La coupe doit être nette, sans présence d'arrachement de la fibre et doit être réalisée perpendiculairement à l'axe du tube rempli de mousse et de la tige pleine.

5.3 Contrôles visuel et dimensionnel

5.3.1 Généralités

Ces contrôles doivent être réalisés afin de s'assurer que les exigences générales sont respectées et que les dimensions sont conformes aux spécifications.

5.3.2 Contrôle visuel

Les longueurs initiales et les éprouvettes doivent être contrôlées visuellement afin de vérifier les éléments de marquage et l'emballage, et de détecter les défauts de fabrication.

Il existe deux niveaux de contrôle pour détecter les défauts de fabrication:

- a) Un premier contrôle visuel doit être effectué sur chacune des longueurs initiales de tube rempli de mousse et de tige pleine livrées par le fabricant avant découpe des éprouvettes. Il vise à déceler les défauts de surface tels qu'une mauvaise liaison évidente entre fibre et résine, des vides sous le vernis, des corps étrangers, des aspérités, des salissures, des bosses ou des rayures et l'absence de marques. Tout défaut doit conduire au rejet de la longueur initiale.
- b) Un deuxième contrôle visuel doit être effectué sur chacune des éprouvettes après découpe. Il vise à déceler les défauts internes, au niveau de la section apparente, et plus particulièrement tout signe de décollement entre la *mousse* et la résine ainsi qu'une insuffisance de qualité de la *mousse* (vides, fissures). Tout défaut de ce type doit conduire au rejet de l'éprouvette.

5.3.3 Contrôle dimensionnel

Le contrôle dimensionnel consiste à vérifier la conformité des diamètres par rapport au marquage, et la conformité des tolérances par rapport aux exigences de 4.4.

Le contrôle dimensionnel doit être effectué sur chacune des longueurs initiales avant découpe des éprouvettes, aux deux extrémités et au centre. L'écart entre deux diamètres mesurés d'une longueur donnée doit être inférieur à 0,5 mm.

5.4 Essais électriques

5.4.1 Généralités

Sauf indication contraire, les essais doivent être effectués à l'aide d'une source de courant alternatif à fréquence industrielle conformément aux exigences de l'IEC 60060-1. Les systèmes de mesure doivent être conformes à l'IEC 60060-2, sauf spécification contraire.

5.4.2 Essai diélectrique avant et après exposition à l'humidité

5.4.2.1 Essai de type

5.4.2.1.1 Conditions générales d'essai

Avant l'essai, chaque éprouvette d'une longueur de 300 mm doit être préparée en la nettoyant avec de l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) et en la laissant sécher pendant au moins 15 min à l'air ambiant.

NOTE Il ne relève pas de la présente partie de l'IEC 60855 de s'assurer que la législation applicable ainsi que les instructions de sécurité propres à l'usage de l'isopropanol sont respectées intégralement.

Les éprouvettes doivent être essuyées légèrement avec un chiffon non pelucheux propre et sec; leurs extrémités doivent être recouvertes de ruban adhésif conducteur.

Le conditionnement dans une atmosphère humide est effectué conformément à l'IEC 60212.

5.4.2.1.2 Mesurages

Le montage d'essai doit être conforme aux Figures 1, 2, 3 et 4. L'appareillage de mesure doit être éloigné d'au moins 2 m de la source de haute tension. L'ensemble des connexions, le shunt et l'éclateur de protection optionnel doivent être blindés et mis à la terre. L'éprouvette doit être positionnée à une hauteur minimale de 1 m du sol, au moyen d'un support isolant. Une tension de 100 kV (en valeur efficace) à fréquence industrielle doit être appliquée pendant 1 min entre les électrodes. La tension alternative doit être initialement appliquée à une valeur faible et être progressivement augmentée à une vitesse constante de l'ordre de 5 kV/s jusqu'à ce que le niveau de la tension d'essai soit atteint. Le début de la période d'essai doit être déterminé lorsque la tension spécifiée est atteinte.

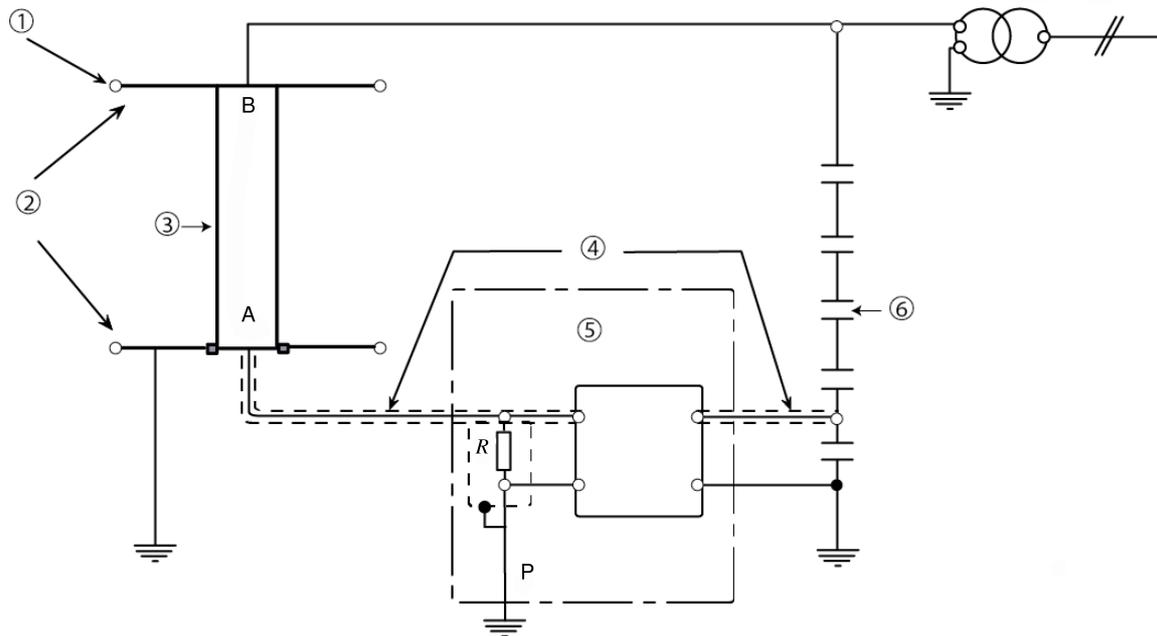
Le courant traversant l'éprouvette (l'électrode de garde, côté masse, étant directement mise à la terre) doit être mesuré. Le courant maximal enregistré pendant l'essai est appelé I .

Le déphasage entre le courant et la tension doit être mesuré de la façon suivante:

- courant (côté masse), en se branchant aux bornes d'une impédance connue;
- tension (côté phase), en utilisant un diviseur approprié.

Le déphasage minimal enregistré pendant l'essai est appelé φ .

Avant de placer l'éprouvette dans le montage d'essai, des mesurages de référence sans éprouvette doivent être effectués et les valeurs du courant et du déphasage doivent être enregistrées. La valeur du déphasage doit être supérieure à 88°. Cet essai à vide aide à vérifier la qualité du montage d'essai.



IEC

Légende

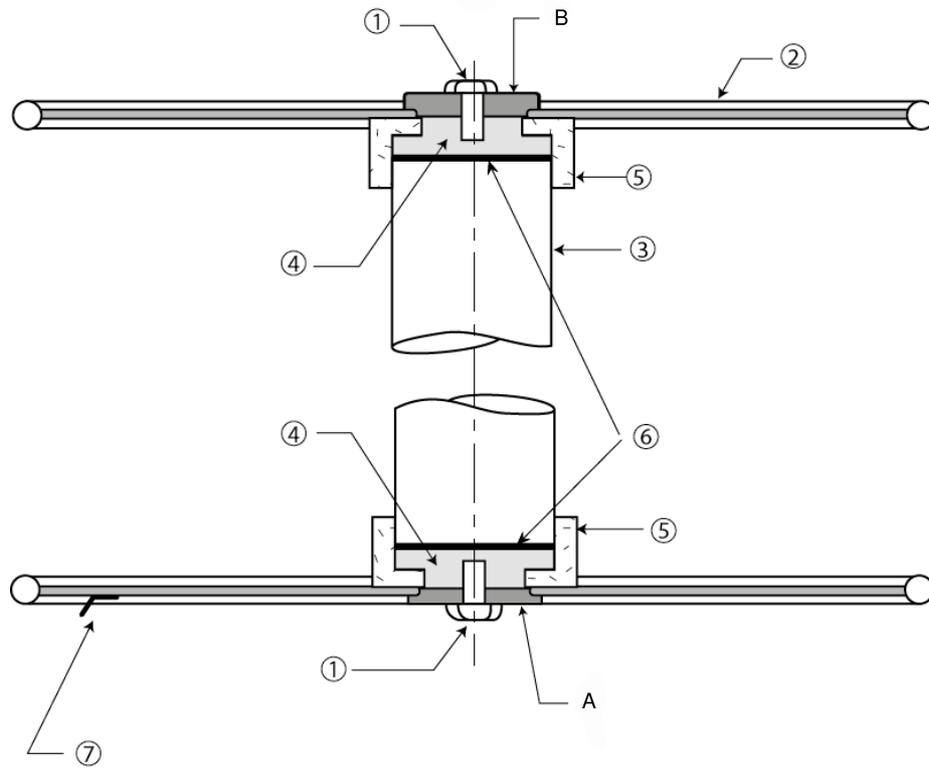
- | | | | |
|---|---------------------|---|----------------------------------|
| 1 | tube continu soudé | 4 | câbles de connexion blindés |
| 2 | électrodes de garde | 5 | appareil de mesure |
| 3 | échantillon | 6 | diviseur capacitif (ou résistif) |

A et B Voir Figure 2.

 R résistance entre les points A et P: $R \leq 10\,000\ \Omega$

La zone de mesure est située à 2 m au moins de toute source haute tension.

Figure 1 – Schéma typique de montage d'essai diélectrique



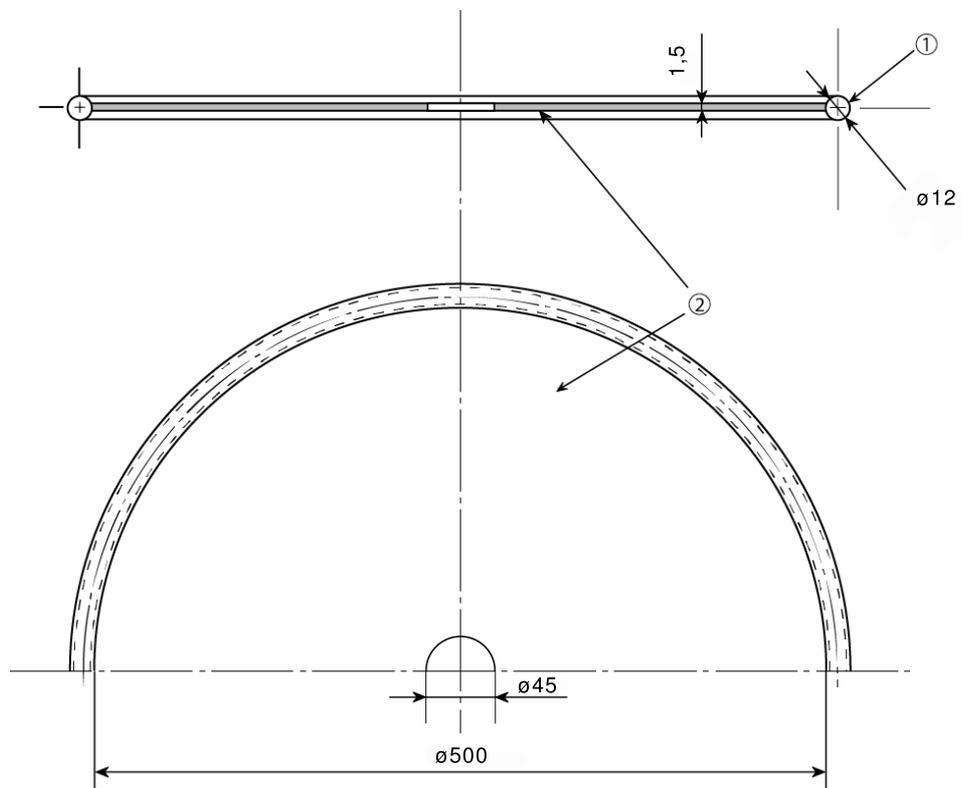
IEC

Légende

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|
| A | matériau isolant | B | laiton |
| 1 | cosse pour fiche banane Ø 4 mm | 5 | support isolant |
| 2 | électrode de garde | 6 | contact maintenu par ruban adhésif conducteur |
| 3 | épreuve de 300 mm de longueur | 7 | cosse pour fiche banane Ø 4 mm soudée sur l'électrode de garde |
| 4 | électrode en laiton | | |

Les fiches bananes peuvent être remplacées par d'autres connecteurs électriques appropriés.

Figure 2 – Montage de l'épreuve dans les électrodes de garde

Dimensions en millimètres

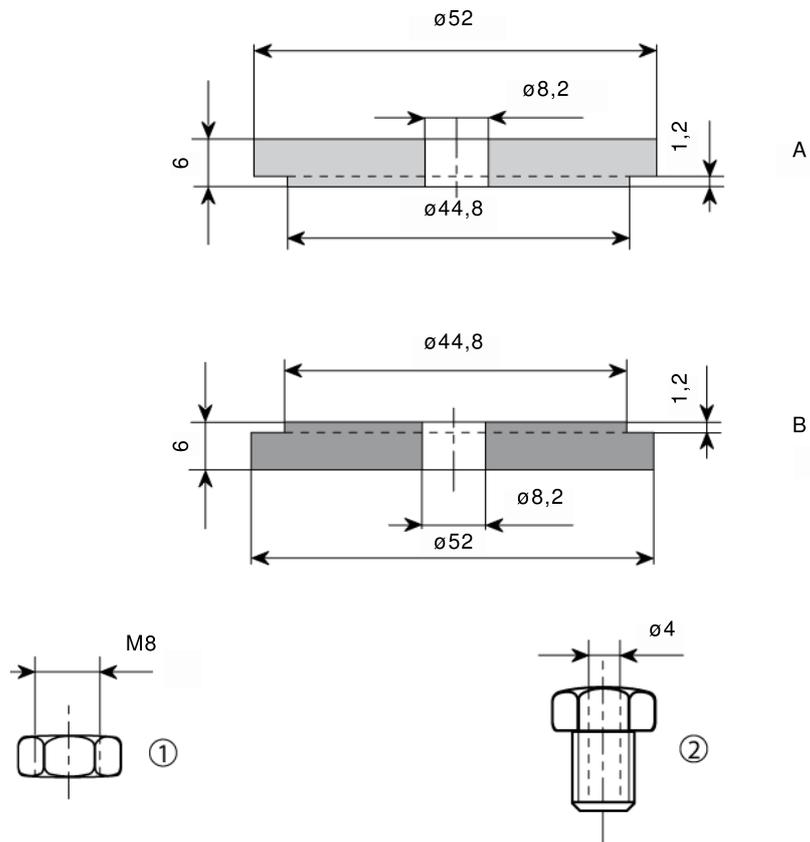
IEC

Légende

- 1 tube en cuivre soudé sur la plaque de laiton
- 2 plaque de laiton

Figure 3a – Dessin d'exécution des électrodes de garde (deux exemplaires exigés)

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- A matériau isolant
- B laiton
- 1 deux écrous M8 en laiton pour tiges
- 2 deux vis M8 × 10 en laiton percées à Ø 4 mm pour tubes remplis de mousse

Figure 3b – Dessins d'exécution des accessoires A et B

Figure 3 – Dessins d'exécution des électrodes de garde et accessoires

Dimensions en millimètres

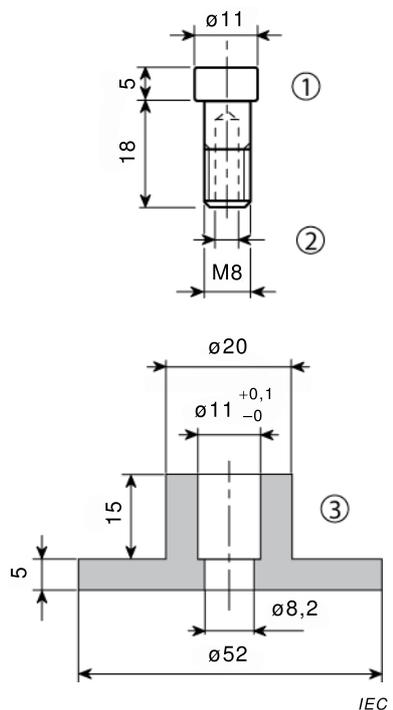


Figure 4a – Pour tige pleine de 10 mm de diamètre

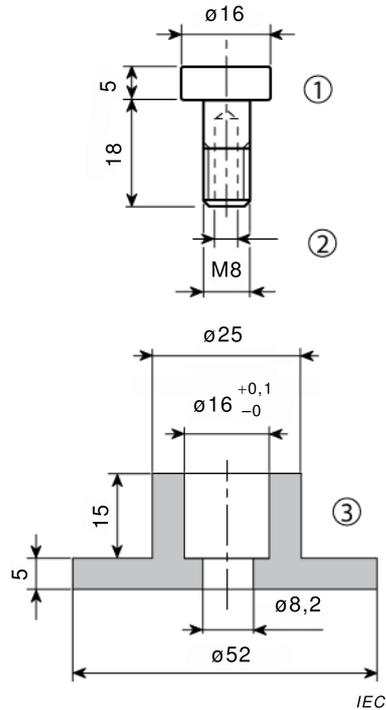


Figure 4b – Pour tige pleine de 15 mm de diamètre

Dimensions en millimètres

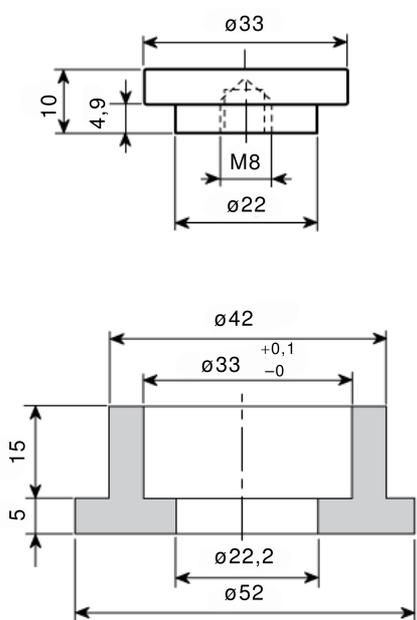


Figure 4c – Pour tube rempli de mousse de 32 mm de diamètre

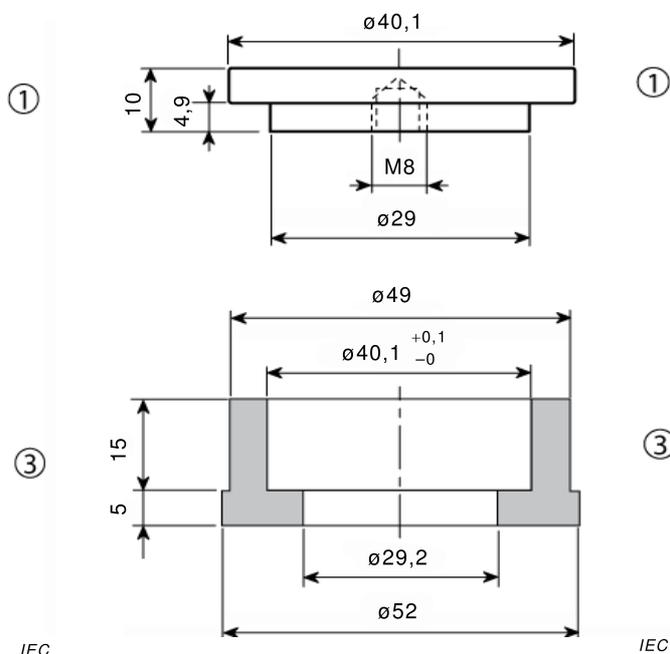


Figure 4d – Pour tube rempli de mousse de 39 mm de diamètre

Dimensions en millimètres

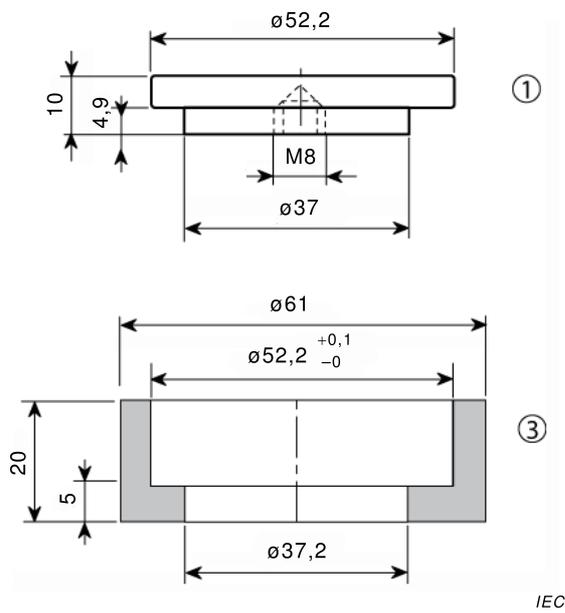


Figure 4e – Pour tube rempli de mousse de 51 mm de diamètre

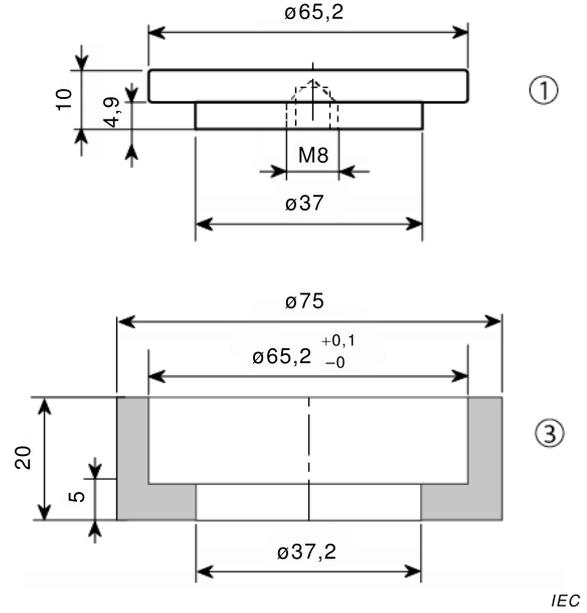


Figure 4f – Pour tube rempli de mousse de 64 mm de diamètre

Dimensions en millimètres

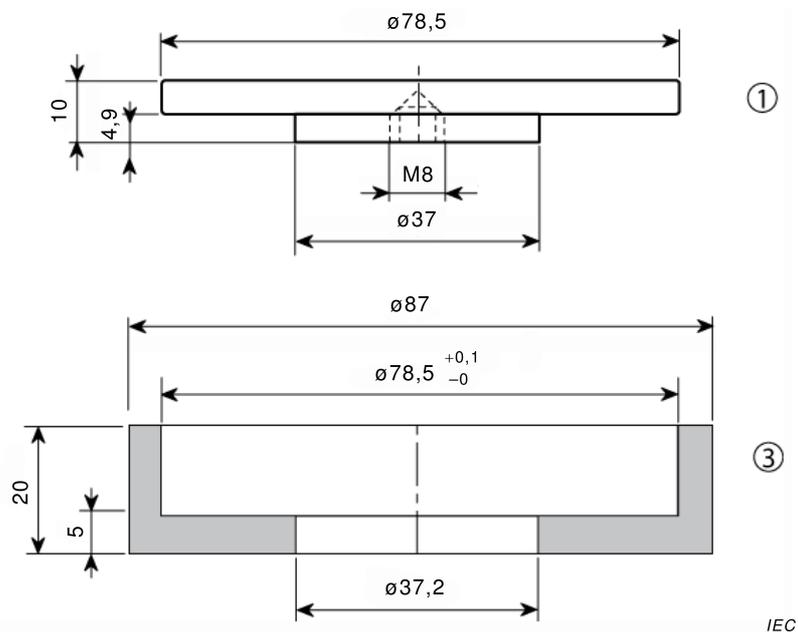


Figure 4g – Pour tube rempli de mousse de 77 mm de diamètre

Légende

- 1 électrode en laiton
- 2 trou Ø 4 mm pour fiche banane
- 3 support isolant

Figure 4 – Dessins des accessoires pour électrodes de garde selon des diamètres d'éprouvettes

5.4.2.1.3 Essais avant exposition à l'humidité

Après au moins 24 heures dans l'atmosphère ambiante du local d'essai, le courant I_1 est mesuré à une tension alternative de 100 kV (en valeur efficace) à fréquence industrielle appliquée pendant 1 min entre les électrodes. Le courant maximal et le déphasage φ_1 entre le courant et la tension sont enregistrés.

5.4.2.1.4 Essais après exposition à l'humidité

Les éprouvettes doivent être placées pendant 168 h dans une enceinte de conditionnement et soumises à une température de 23 °C et à une humidité relative de 93 %, selon le Tableau 2 de l'IEC 60212:2010.

Au terme de cette période de 168 h, les éprouvettes doivent demeurer dans une atmosphère d'un taux d'humidité relative de 93 % et doivent être soumises à l'essai dès leur retour à la température ambiante du local d'essai. Après le léger essuyage des éprouvettes avec un chiffon sec, le courant I_2 et le déphasage φ_2 sont mesurés dans les mêmes conditions que pour I_1 et φ_1 .

L'éprouvette doit être située dans la même position par rapport à la terre; pour les deux essais, l'extrémité haute tension doit rester la même.

5.4.2.1.5 Résultats d'essai

Avant exposition à l'humidité:

- le déphasage φ_1 mesuré doit être supérieur à 80°;
- le courant I_1 mesuré ne doit pas être supérieur aux valeurs données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Courant maximal I_1 avant exposition à l'humidité

Diamètre (mm)	Tige pleine		Tube rempli de mousse				
	10	15	32	39	51	64	77
Courant maximal I_1 (μA eff.)	10	10	10	12	15	20	25

L'essai doit être considéré comme satisfait si après l'exposition à l'humidité le courant I_2 est inférieur à $2 I_1$.

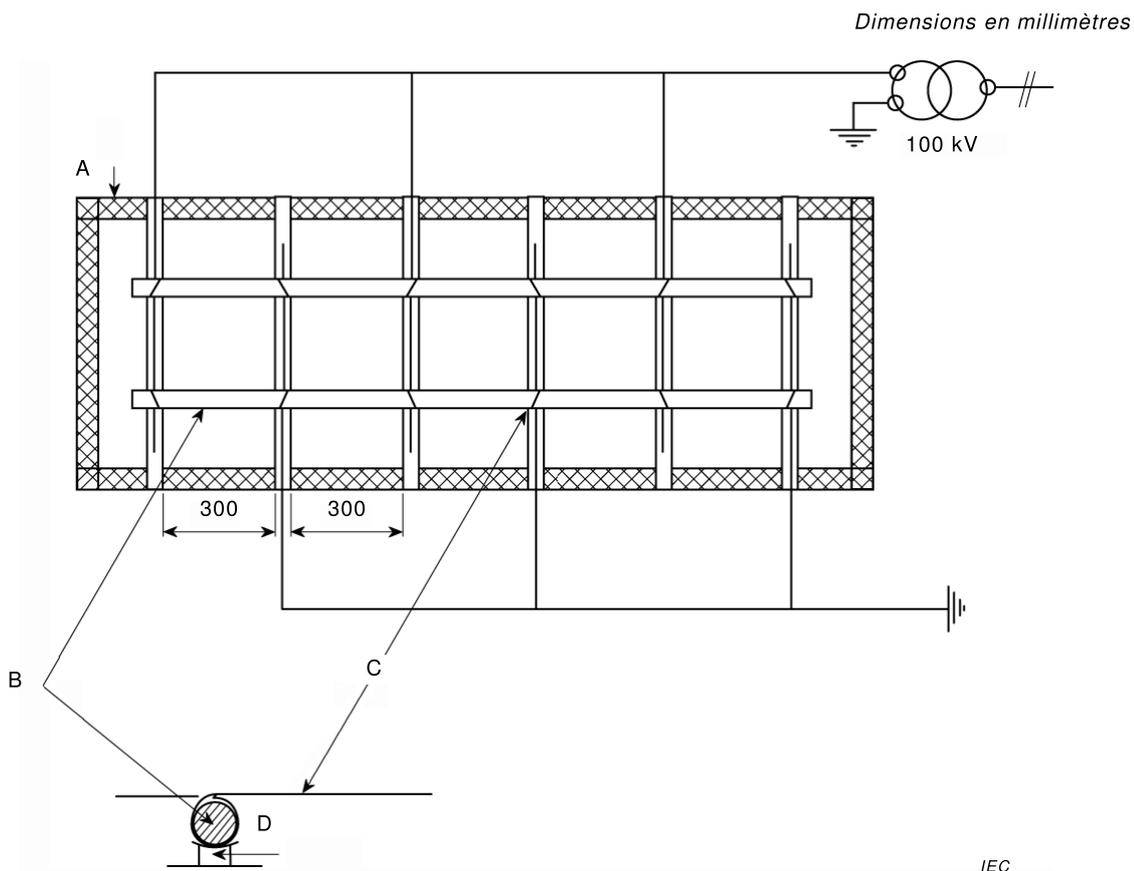
Si I_2 est supérieur à $2 I_1$, mais inférieur à $I_1 + 40 \mu\text{A}$, l'essai doit également être considéré comme satisfait si le déphasage entre la tension et le courant est supérieur à 50° pour les tubes remplis de mousse et 40° pour les tiges pleines.

En aucun cas, I_2 ne doit être supérieur à $I_1 + 40 \mu\text{A}$.

5.4.2.2 Essais alternatifs pour tubes remplis de mousse et tiges pleines issus de la production

5.4.2.2.1 Essai alternatif à sec

Un exemple de montage d'essai approprié est représenté à la Figure 5.



Légende

- A table isolante
- B tube rempli de mousse ou tige pleine à l'essai
- C électrodes en câblette de largeur supérieure ou égale à 5 mm
- D support métallique

**Figure 5 – Essai diélectrique alternatif à sec –
Exemple d'un montage typique d'essai**

Les tubes remplis de mousse et les tiges pleines doivent être soumis à une tension alternative à fréquence industrielle de 100 kV (en valeur efficace), appliquée entre électrodes distantes de 300 mm, pendant 1 min. La tension alternative doit être initialement appliquée à une valeur faible et être progressivement augmentée à une vitesse constante de l'ordre de 5 kV/s jusqu'à ce que le niveau de la tension d'essai soit atteint. Le début de la période d'essai doit être déterminé lorsque la tension spécifiée est atteinte.

L'essai doit être considéré comme satisfait si les tubes remplis de mousse et les tiges pleines remplissent les conditions suivantes:

- aucun contournement, aucun amorçage, aucune perforation;
- aucune trace visible de cheminements ou d'érosion de la surface;
- aucun échauffement perceptible du tube rempli de mousse ou de la tige pleine, estimé à main nue.

5.4.2.2.2 Essai alternatif après exposition à l'immersion

À la phase de production, il n'est pas possible d'effectuer l'essai de 5.4.2.1.4 qui exige un conditionnement de longue durée non compatible avec la phase de production.

Le fabricant doit effectuer l'essai comme suit:

- le montage d'essai doit être l'un de ceux décrits en 5.4.2.1;
- le conditionnement est réalisé en fonction de ce qui suit.

Avant l'essai, chaque éprouvette d'une longueur de 300 mm doit être préparée en la nettoyant avec de l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) et en la laissant sécher pendant au moins 15 min à l'air ambiant.

Les éprouvettes doivent être conditionnées en les immergeant totalement pendant 24 h dans un réservoir d'eau du robinet ayant une conductivité minimale de 500 $\mu\text{S/cm}$ correspondant à une résistivité maximale de 20 $\Omega\cdot\text{m}$, à 20 °C.

Au terme de cette période de conditionnement, les éprouvettes doivent être essuyées légèrement avec un chiffon non pelucheux propre et sec, et leurs extrémités recouvertes de ruban adhésif conducteur. Les éprouvettes doivent être soumises à l'essai dès leur retour à la température ambiante du local d'essai.

5.4.3 Essai sous pluie

5.4.3.1 Essai de type

5.4.3.1.1 Conditions générales d'essai

Avant l'essai, chaque éprouvette doit être préparée en la nettoyant avec de l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) et en la laissant sécher pendant au moins 15 min à l'air ambiant.

Les électrodes doivent être constituées d'un fil souple d'aluminium ou de cuivre de 3 mm à 4 mm de diamètre, entourant l'éprouvette sur trois ou quatre tours, comme représenté à la Figure 6a. Les électrodes doivent être placées symétriquement sur l'éprouvette et espacées de 1 m (voir Figure 6b). Le support de fixation doit être placé à la partie inférieure de l'éprouvette. L'électrode haute tension doit être placée à l'extrémité supérieure de l'éprouvette.

Il convient que la surface des électrodes ne soit pas oxydée et, en cas de traitement anti-oxydation, que ce dernier ne modifie pas les caractéristiques de l'eau ruisselant sur l'éprouvette.

Le montage d'essai doit être conforme à la Figure 6b. L'éprouvette doit être inclinée à 45° par rapport à la verticale. Une tension de 100 kV (en valeur efficace) à fréquence industrielle doit être appliquée entre les électrodes pendant 1 h. La tension alternative doit être initialement appliquée à une valeur faible et être progressivement augmentée à une vitesse constante de l'ordre de 5 kV/s jusqu'à ce que le niveau de la tension d'essai soit atteint. Le début de la période d'essai doit être déterminé lorsque la tension spécifiée est atteinte.

5.4.3.1.2 Caractéristiques d'aspersion

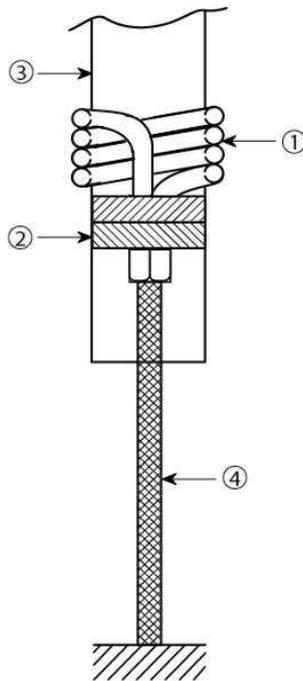
L'essai sous pluie doit être réalisé conformément à la procédure normalisée de l'essai sous pluie de l'IEC 60060-1, à l'exception de l'aspersion moyenne et initiale:

- taux d'aspersion moyen en directions verticale et horizontale: 1,0 mm/min à 1,5 mm/min;
- résistivité de l'eau recueillie, ramenée à 20 °C: 100 $\Omega\cdot\text{m} \pm 15 \Omega\cdot\text{m}$;
- l'aspersion doit démarrer immédiatement après établissement de la tension.

L'aspersion doit être telle qu'au voisinage de l'éprouvette l'eau doit tomber avec un angle de 90° par rapport à l'éprouvette, comme représenté à la Figure 6b.

La température de l'eau doit être sensiblement identique à la température du local d'essai.

Comme la température ambiante peut varier plus rapidement que la température de l'eau, un écart de 3 °C est accepté lors du mesurage.

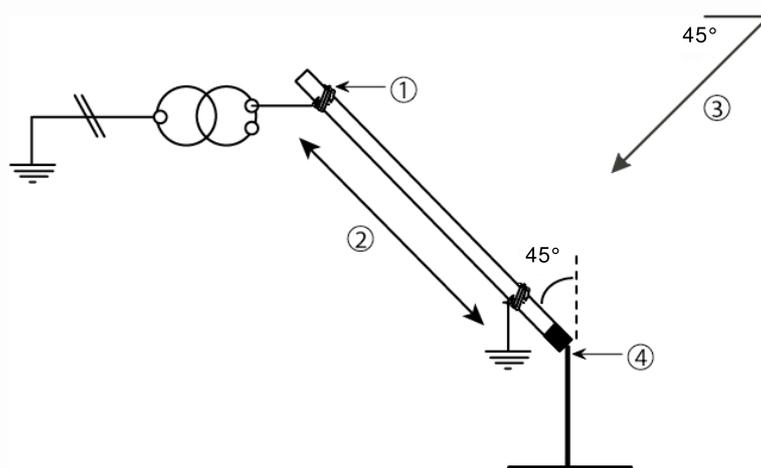


IEC

Légende

- 1 fil souple d'aluminium ou de cuivre de 3 mm à 4 mm de diamètre; 3 à 4 tours
- 2 électrode fixée par un ruban adhésif
- 3 éprouvette
- 4 tresse en laiton de mise à la terre d'une surface totale de 10 mm²

Figure 6a – Détails de la disposition de l'électrode



IEC

Légende

- 1 électrode haute tension
- 2 espacement de 1 m entre les électrodes
- 3 direction de la pluie
- 4 support de fixation d'une hauteur minimale de 1 m

Figure 6b – Exemple type de disposition d'essai

Figure 6 – Essai sous pluie

5.4.3.1.3 Résultats d'essai

L'essai doit être considéré comme satisfait si les conditions suivantes sont remplies:

- aucun contournement pendant l'essai;
- aucun amorçage ou aucune perforation;
- aucune trace visible de cheminements ou d'érosion de la surface;
- en prenant comme référence la température initiale de l'éprouvette, aucun échauffement supérieur à 7 °C en aucun point à partir de 10 cm de l'électrode haute tension jusqu'à 10 cm de l'électrode de terre sur la surface de l'éprouvette, à la fin de la période d'essai. La température doit être mesurée pas plus de 2 min après la fin de l'essai.

Une caméra infrarouge peut être utilisée pour mesurer la température de la surface. Avant de procéder au mesurage, il convient de calibrer la caméra en fonction de l'éprouvette.

5.4.3.2 Essais alternatifs pour tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines issus de la production

Il n'existe pas d'essai alternatif pour vérifier la conformité à l'exigence associée (par exemple, certains essais peuvent être destructifs). Néanmoins, le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée de fabrication avec des composants identiques que pour le produit soumis à l'essai de type.

5.5 Essais mécaniques

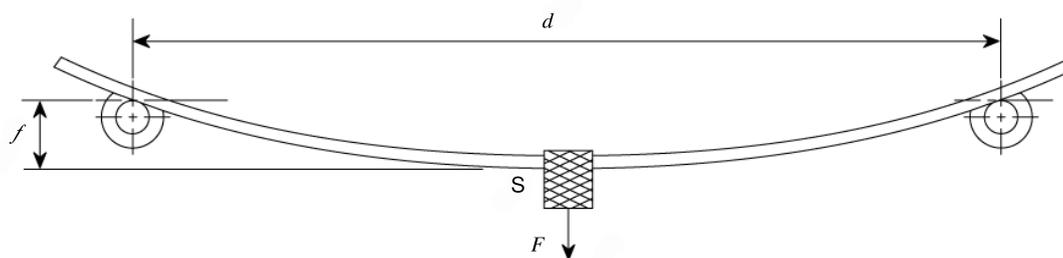
5.5.1 Essai de flexion

5.5.1.1 Essai de type

Un tube rempli de mousse de 2,50 m de longueur, ou une tige pleine de 2 m de longueur, doit être placé entre deux appuis constitués de poulies à gorge (Figure 7) dont les axes sont séparés de la distance d suivante:

- 0,50 m pour les tiges pleines;
- 1,50 m pour les tubes remplis de mousse de 32 mm de diamètre;
- 2 m pour les tubes remplis de mousse de 39 mm de diamètre et plus.

En milieu de portée, une force verticale F doit être appliquée sur une sangle en cuir ou en textile de 50 mm \pm 2,5 mm de largeur, placée sur le tube rempli de mousse ou la tige pleine.



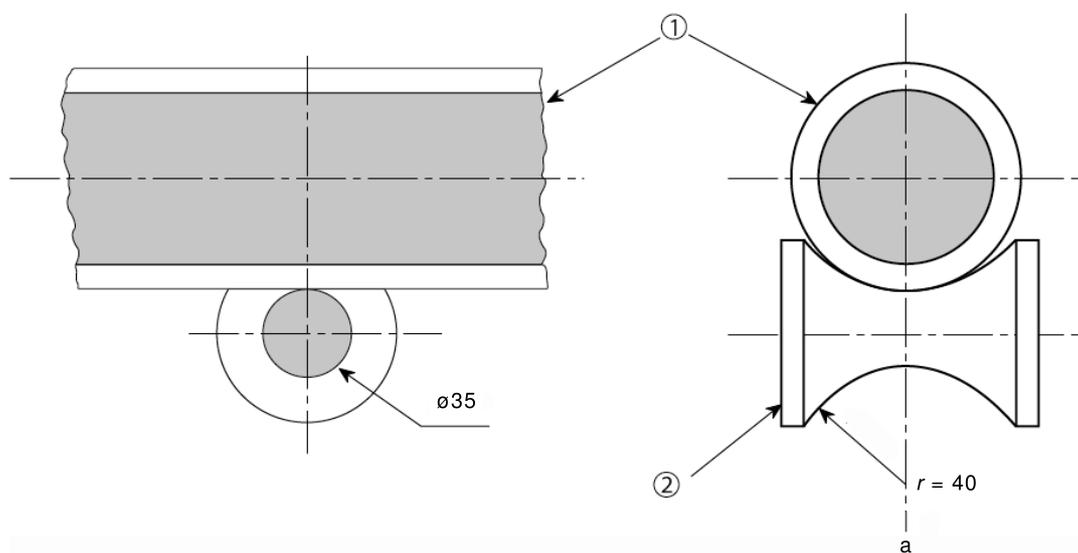
IEC

Légende

S sangle

Figure 7a – Montage de l'essai de flexion

Dimensions en millimètres



IEC

Section a-a

Légende

- 1 tube rempli de mousse en essai
- 2 poulie à gorge

Figure 7b – Détail des appuis

Figure 7 – Essai de flexion

F_d est la force pour laquelle la limite élastique n'est pas dépassée.

La force F doit être appliquée progressivement à raison de (200 ± 50) N/s et la flèche doit être mesurée pour les charges $\frac{F_d}{3}$, $\frac{2F_d}{3}$ et F_d , après les avoir maintenues pendant 30 s.

La différence entre les flèches mesurées pour $\frac{F_d}{3}$ et $\frac{2F_d}{3}$ et pour $\frac{2F_d}{3}$ et F_d , doit être inférieure à la valeur f indiquée dans le Tableau 3.

Ensuite, cette force doit être annulée progressivement et, 1 min après le retour à zéro, la flèche résiduelle doit être mesurée; celle-ci ne doit pas dépasser 6 % de la flèche mesurée

lors de l'application de la force F_d pour les tubes remplis de mousse et 1 mm pour les tiges pleines.

Les tubes remplis de mousse et les tiges pleines doivent ensuite être tournés de 90°, 180° et 270°, et l'essai doit être répété pour chacune des positions. Pour la même charge, la flèche f ne doit pas varier de plus de 15 %.

La flèche mesurée pour la force F_d doit être comparée à celle qui a été obtenue lors de l'essai précédent. Avec le tube rempli de mousse et la tige pleine, mis dans la position conduisant à la flèche maximale, il doit être appliqué de nouveau une force progressivement croissante, dans les mêmes conditions que ci-dessus, jusqu'à la valeur F_r qui est maintenue pendant 30 s. Aucun signe de détérioration ne doit être constaté.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à la rupture de l'éprouvette, et la charge réelle de rupture est consignée pour information.

Le Tableau 3 donne les valeurs de F_d , f et F_r pour des diamètres spécifiques de tubes remplis de mousse et de tiges pleines.

Tableau 3 – Valeurs de F_d , f et F_r pour essai de flexion

Diamètre extérieur du tube rempli de mousse ou de la tige pleine		Distance entre les appuis d	F_d	f	F_r	Longueur de l'éprouvette
mm						
Tiges pleines	10	0,5	270	20	540	2
	15	0,5	1 350	15	2 700	2
Tubes remplis de mousse	32	1,5	1 100	35	2 150	2,5
	39	2	1 500	50	2 950	2,5
	51	2	3 250	45	6 450	2,5
	64	2	5 500	35	11 000	2,5
	77	2	11 650	30	23 250	2,5

5.5.1.2 Essai alternatif de flexion pour tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines issus de la production

Il n'existe pas d'essai alternatif pour vérifier la conformité à l'exigence associée (par exemple, cet essai peut être destructif). Néanmoins, le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée de fabrication avec des composants identiques que pour le produit soumis à essai de type.

En outre, le fabricant doit effectuer un essai selon 5.5.1.1, sauf pour le mesurage de F_r . Seule f doit être mesurée.

5.5.2 Essai de torsion

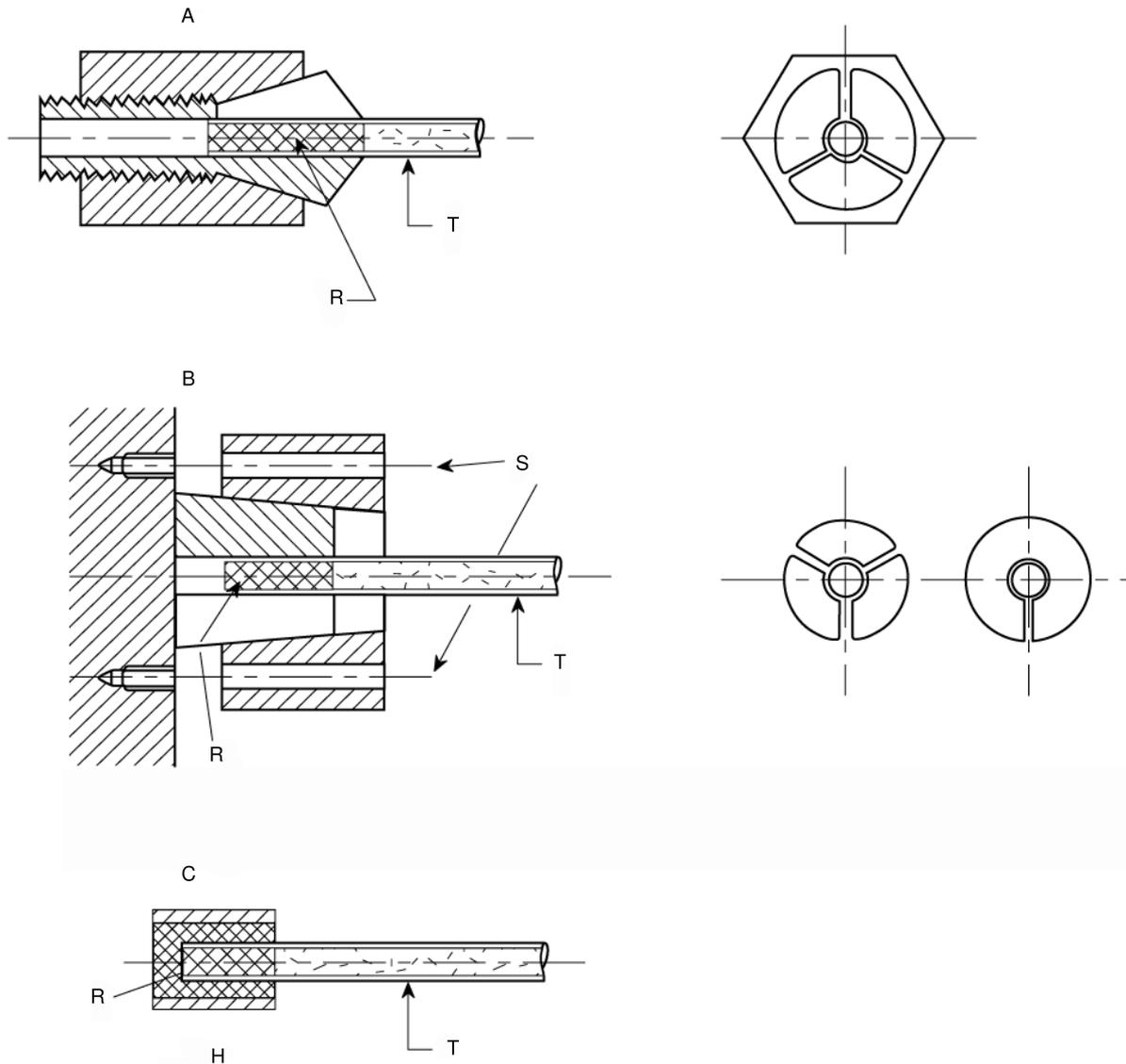
L'éprouvette doit être soumise à un essai de torsion sur une longueur de 1 m (entre pièces de serrage ou embouts). La Figure 8 représente des méthodes alternatives adaptées pour la fixation des extrémités des éprouvettes pour cet essai.

Un couple linéaire doit être appliqué progressivement à une vitesse ne dépassant pas (5 ± 2) N·m/s jusqu'à la valeur C_d , couple pour lequel aucun défaut sonore ou visible n'est observé. Pour la valeur C_d , la déformation angulaire mesurée, après 30 s d'application du couple, doit être inférieure à l'angle α_d correspondant (voir Tableau 4).

Le couple doit ensuite être annulé et, après 1 min, l'angle de déformation résiduelle être mesuré. Celui-ci doit être inférieur à 1 % de a_d pour les tiges pleines, et 1° pour les tubes remplis de mousse.

Un couple croissant doit être exercé de nouveau, comme ci-dessus, jusqu'à C_r et doit être maintenu pendant 30 s. Aucun signe de détérioration ne doit être constaté.

L'essai doit être poursuivi, à titre d'information, jusqu'à rupture de l'éprouvette.



Légende

- | | |
|--|---|
| A serrage de l'éprouvette par collet à ressort | H bâti destiné à être serré dans le mandrin |
| B serrage de l'éprouvette par mandrin conique | S vis |
| C embout noyé dans la résine | T éprouvette |
| R Résine | |

IEC

Figure 8 – Essai de torsion – Exemples d'encastrement de tube rempli de mousse et de tige pleine

Tableau 4 – Valeurs de C_d , a_d et C_r pour essai de torsion

Diamètre extérieur du tube rempli de mousse et de la tige pleine mm		C_d N·m	a_d degrés	C_r N·m
Tiges pleines	10	4,5	150	9
	15	13,5	180	27
Tubes remplis de mousse	32	40	35	80
	39	80	40	160
	51	120	12	240
	64	320	12	640
	77	600	8	1 200

5.5.3 Essai d'écrasement du tube isolant rempli de mousse

La longueur de chaque éprouvette doit être égale à trois fois le diamètre extérieur. L'éprouvette doit être placée entre deux plaques lisses, planes, parallèles, indéformables, puis être comprimée (voir Figure 9). La longueur des plaques doit être au moins égale à la longueur de l'éprouvette, plus 20 mm. Les plaques sont ensuite rapprochées à une vitesse constante égale à 2 mm/min.

La force F , appliquée à l'éprouvette, doit être enregistrée en fonction du temps.

Deux valeurs de F doivent être prises en considération:

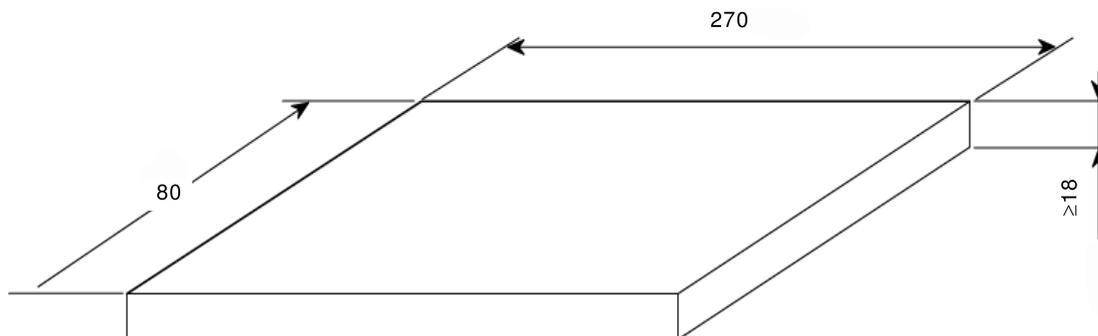
- $F = F_d$: valeur minimale de F à laquelle apparaît la première non-linéarité de la courbe. Cette première non-linéarité doit être telle que $\Delta F \geq 0,01 F_d$;
- $F = F_r$: valeur maximale de F enregistrée pendant les trois premières minutes de l'essai (déplacement ≤ 6 mm).

Les valeurs mesurées de F_d et F_r doivent être plus élevées que celles qui sont spécifiées au Tableau 5.

Tableau 5 – Valeurs de F_d et F_r pour essai d'écrasement

Diamètre nominal du tube rempli de mousse mm	32	39	51	64	77
F_d (N)	700	1 650	3 000	3 400	7 000
F_r (N)	1 400	3 300	6 000	6 800	14 000

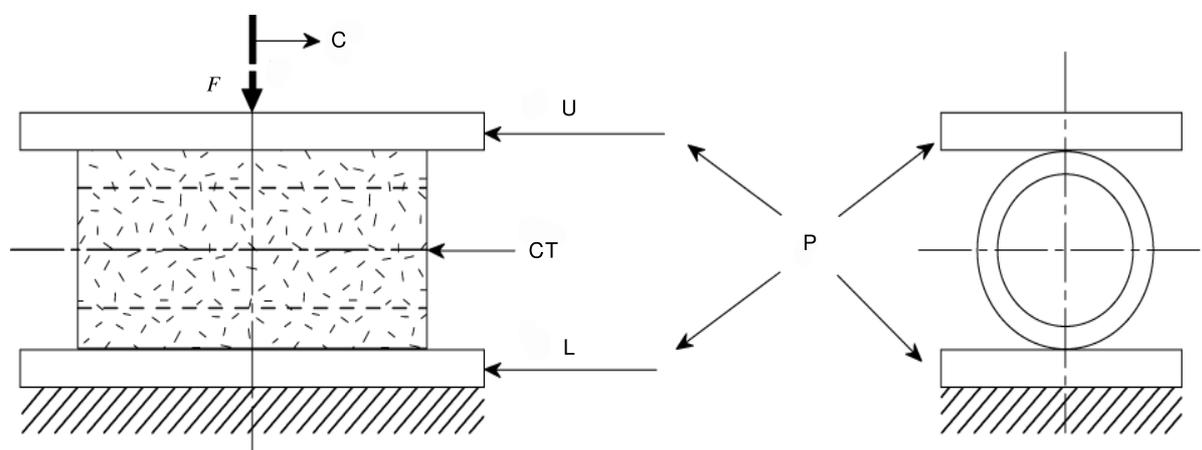
Dimensions en millimètres



IEC

NOTE Module d'élasticité du matériau $E \geq 2,2 \times 10^{11}$ N/m².

Figure 9a – Deux plaques d'écrasement



IEC

Légende

- | | | | |
|----|-----------------|---|-------------------|
| C | centre | U | plaque supérieure |
| CT | épreuve centrée | L | plaque inférieure |
| P | plaques | | |

La stabilité de la plaque supérieure doit être assurée en déplaçant le point d'application de la force F vers le bas, à l'aide d'étriers.

Figure 9b – Montage d'essai

Figure 9 – Essai d'écrasement

5.5.4 Essai électrique après vieillissement mécanique

5.5.4.1 Essai de flexion de vieillissement

Cet essai consiste à faire subir à chaque éprouvette un total de 4 000 cycles de flexion dans les conditions d'essai décrites en 5.5.1. La force F_d , indiquée au Tableau 3 doit être appliquée au milieu de l'éprouvette pour donner 1 000 cycles de flexion dans chacune des quatre directions différentes, à 90° de la précédente.

La fréquence d'application de la charge doit se situer entre un cycle et deux cycles par minute. Après chaque cycle de 1 000 flexions, l'éprouvette doit subir une rotation de 90°.

L'essai doit être considéré comme satisfait si, après l'application des 4 000 cycles, l'éprouvette ne présente pas de détérioration visible, même localisée, ni de déformation permanente, lors d'un contrôle visuel.

5.5.4.2 Essai diélectrique après vieillissement mécanique

Deux nouvelles éprouvettes de 300 mm doivent être coupées dans chacune des moitiés des trois éprouvettes qui ont subi l'essai de flexion de 4 000 cycles. Ces six nouvelles éprouvettes doivent être soumises à l'essai avant et après exposition à l'humidité, tel que décrit en 5.4.2.1.

L'essai doit être considéré comme satisfait si les résultats sont conformes au 5.4.2.1.5.

5.5.5 Essai de pénétration de la solution colorante

Les trois éprouvettes doivent être immergées complètement dans un récipient contenant une solution colorante dans l'eau. Le colorant doit être choisi conformément aux exigences en matière de santé au travail et de respect de l'environnement.

NOTE L'IEC 60855:1985 spécifiait une solution de fuschine. Pour des questions de santé au travail, le CE 78 a cherché un substitut et des essais de pénétration comparatifs avec plusieurs colorants ont été réalisés. Ces essais indiquent que le choix du colorant n'affecte pas de manière significative la caractérisation des tubes remplis de mousse et des tiges pleines. En pratique cependant, l'éosine ($C_{60}H_6Br_4Na_2O_5$) s'avère particulièrement adaptée. La concentration de l'éosine est d'environ 1 % à 2 % dans l'eau distillée.

Le récipient avec les éprouvettes immergées doit être placé dans une enceinte sous vide à une pression inférieure à 6 500 Pa (environ 50 Torr). Après 1 h, le vide doit être cassé et les éprouvettes doivent être retirées de la solution.

Pour éviter des bavures de la solution de colorant aux extrémités des éprouvettes lors de la coupe, les éprouvettes doivent être séchées pendant 24 h à une température d'environ 35 °C, avant de les couper.

Après séchage, les éprouvettes doivent être coupées à 5 mm de chaque extrémité. Les nouvelles éprouvettes ainsi obtenues doivent être ensuite coupées longitudinalement.

L'essai doit être considéré comme satisfait si aucune pénétration de solution de colorant n'est constatée ni dans la *mousse*, ni à l'interface de la *mousse* et du tube isolant, ni dans la tige pleine.

5.5.6 Durabilité du marquage

Cet essai est réalisé sur les marquages de trois longueurs initiales de tube rempli de mousse et de tige pleine livrées par le fabricant, avant découpe des éprouvettes.

Les marquages doivent être frottés vigoureusement pendant 1 min, à l'aide d'un chiffon propre imbibé d'eau, puis à l'aide d'un chiffon propre imbibé d'isopropanol ($CH_3-CH(OH)-CH_3$).

L'essai doit être considéré comme satisfait si les marquages restent lisibles et si les caractères ne disparaissent pas ou ne font pas de bavures.

NOTE Cet essai ne s'applique pas au marquage de l'emballage.

6 Évaluation de la conformité des tubes remplis de mousse et tiges pleines issus de la production

Pour réaliser l'évaluation de la conformité pendant la phase de production, l'IEC 61318 doit être utilisée conjointement avec la présente partie de l'IEC 60855.

L'Annexe B, développée à partir d'une analyse du risque sur les performances des tubes remplis de mousse et les tiges pleines, fournit la classification des défauts et identifie les essais associés qui sont applicables en cas de suivi de la production.

7 Modifications

Toute modification de la conception des tubes remplis de mousse et des tiges pleines qui affecte les caractéristiques du produit doit exiger de reprendre les essais de type en totalité ou en partie en plus d'un changement dans leur documentation de référence. Si la modification d'une caractéristique ne modifie pas les exigences qui sont vérifiées par un essai donné, il n'est pas nécessaire de reprendre cet essai.

Annexe A (normative)

Plan de réalisation des essais de type

Les nombres donnés dans les différents groupes d'essais du Tableau A.1 indiquent l'ordre dans lequel les essais doivent être réalisés. À l'intérieur d'un groupe, les essais ayant le même numéro séquentiel peuvent être réalisés dans l'ordre qui convient le mieux.

Tableau A.1 – Ordre chronologique des essais de type

Essais de type	Paragraphe		Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5	Groupe 6	Groupe 7
	Exigences	Essais							
Contrôle dimensionnel ^a	4.4	5.3.3	1	1	1	1	1	1	1
Durabilité du marquage ^b	4.5	5.5.6	1	1	1	1	1	1	1
Contrôle visuel ^c	4.1 4.5 4.6	5.3.2	2	2	2	2	2	2	2
Essai diélectrique avant et après exposition à l'humidité	4.2	5.4.2.1	3						
Essai sous pluie	4.2	5.4.3		3					
Essai de flexion	4.3	5.5.1.1			3				
Essai de torsion	4.3	5.5.2				3			
Essai d'écrasement du tube rempli de mousse	4.3	5.5.3					3		
Essai de flexion de vieillissement	4.3	5.5.4.1						3	
Essai diélectrique après vieillissement mécanique	4.3	5.5.4.2						4	
Essai de pénétration	4.2	5.5.5							3

^a Ce contrôle est réalisé sur les longueurs initiales de tige pleine et/ou de tube rempli de mousse livrées par le fabricant, avant découpe des éprouvettes.

^b Ce contrôle est réalisé sur les marquages de 3 longueurs initiales de tige pleine et/ou de tube rempli de mousse livrées par le fabricant, avant découpe des éprouvettes.

^c Ce contrôle est réalisé sur les longueurs initiales de tige pleine et/ou de tube rempli de mousse livrées par le fabricant, avant découpe des éprouvettes puis sur les éprouvettes après découpe.

Annexe B
(normative)

Classification des défauts et exigences et essais associés

L'Annexe B a été développée pour définir le niveau des défauts des tubes remplis de mousse et des tiges pleines issus de la production (défauts critique, majeur ou mineur) d'une façon cohérente (voir IEC 61318). Pour chaque exigence identifiée au Tableau B.1, le type de défaut et l'essai associé y sont tous les deux spécifiés.

Tableau B.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés

Exigences		Type de défauts			Essais
		Critique	Majeur	Mineur	
4.1	Matériaux et conception	X			5.3.2 ^a
4.2	Rigidité diélectrique avant exposition à l'humidité	X			5.4.2.2.1
	Rigidité diélectrique après exposition à l'humidité		X		5.4.2.2.2
	Rigidité diélectrique de la surface externe	X			5.4.3.2
4.3	Propriétés mécaniques: flexion	X			5.5.1.2
	Propriétés mécaniques: torsion		X		5.5.2
	Propriétés mécaniques: écrasement		X		5.5.3
4.4	Tolérance sur le diamètre extérieur	X			5.3.3
4.5	Marquage:				
	– absence de marquage		X		5.3.2
	– marquage incorrect	X			5.3.2
	– durabilité du marquage			X	5.5.6
^a Ce contrôle est réalisé sur les longueurs initiales de tige pleine et/ou de tube rempli de mousse livrées par le fabricant, avant découpe des éprouvettes.					

Bibliographie

IEC 60050-651:2014, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 651: Travaux sous tension* (disponible sous: www.electropedia.org)

IEC 61477, *Travaux sous tension – Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch