

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Dielectric and resistive properties of solid insulating materials –
Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume
resistance and volume resistivity – General method**

**Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides –
Partie 3-1: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant
continu) – Résistance transversale et résistivité transversale – Méthode générale**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62631-3-1:2016



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

**Dielectric and resistive properties of solid insulating materials –
Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume
resistance and volume resistivity – General method**

**Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides –
Partie 3-1: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant
continu) – Résistance transversale et résistivité transversale – Méthode générale**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.99; 29.035.01

ISBN 978-2-8322-3254-5

**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.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references.....	5
3 Terms and definitions	5
4 Significance.....	6
5 Method of test	6
5.1 General.....	6
5.2 Power supply, voltage	6
5.3 Equipment	7
5.3.1 Accuracy.....	7
5.3.2 Guarding.....	7
5.3.3 Electrodes	8
5.4 Calibration	10
5.5 Test specimen.....	10
5.5.1 General	10
5.5.2 Recommended dimensions of test specimens and electrode arrangements.....	10
5.5.3 Manufacturing of test specimens	11
5.5.4 Number of test specimen.....	11
5.5.5 Conditioning and pre-treatment of test specimen	11
5.6 Procedures for specific materials.....	11
6 Test procedure	11
6.1 General.....	11
6.2 Measurement of volume resistance.....	11
6.3 Calculation of volume resistivity.....	12
7 Test report.....	12
8 Repeatability and reproducibility	12
Bibliography	13
Figure 1 – Basic connection for guarded electrodes.....	8
Figure 2 – Specimen with liquid electrodes.....	9
Table 1 – Test specimen	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DIELECTRIC AND RESISTIVE PROPERTIES
OF SOLID INSULATING MATERIALS –****Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) –
Volume resistance and volume resistivity – General method**

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 62631-3-1 has been prepared by IEC technical committee TC 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This first edition of IEC 62631-3-1 cancels and replaces the second edition of IEC 60093, published in 1980. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the second edition of IEC 60093:

- a) IEC 60093 has been completely revised, both editorially and technically, and incorporated into the new IEC 62631 series;
- b) test methods have been updated to current day state of the art;
- c) volume and surface resistance and resistivity are now separated to appear in this part of IEC 62631 and in IEC 62631-3-2, respectively.

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

FDIS	Report on voting
112/339/FDIS	112/350/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 62631 series, published under the general title *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials*, can be found on the IEC website.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62631-3-1:2016

DIELECTRIC AND RESISTIVE PROPERTIES OF SOLID INSULATING MATERIALS –

Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume resistance and volume resistivity – General method

1 Scope

This part of IEC 62631 covers a method of test for the determination of volume resistance and volume resistivity of electrical insulation materials by applying a DC voltage.

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

IEC 60455 (all parts), *Resin based reactive compounds used for electrical insulation*

IEC 60464 (all parts), *Varnishes used for electrical insulation*

IEC 61212 (all parts), *Industrial materials – Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes*

ISO 868, *Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

volume resistance

part of the insulation resistance which is due to conduction through the volume

Note 1 to entry: Volume resistance is expressed in the unit of Ω .

3.2

volume resistivity

volume resistance of a material related to its volume

Note 1 to entry: Volume resistivity is expressed in the unit of Ωm .

Note 2 to entry: For insulating materials, the volume resistivity is usually determined by means of measuring electrodes arranged on a sheet of the material.

Note 3 to entry: According to IEC 60050-121: Electromagnetism, “conductivity” is defined as “scalar or tensor quantity, the product of which by the electric field strength in a medium is equal to the electric current density” and “resistivity” as “the inverse of the conductivity when this inverse exists”. Measured in this way, the volume

resistivity is an average of the resistivity over possible heterogeneities in the volume incorporated in the measurement; it includes the effect of possible polarization phenomena at the electrodes.

3.3

stray current

leakage current in the earth or in metallic structures buried in the ground and resulting from their intended or unintended earthing

4 Significance

Insulating materials are used in general to electrically isolate components of an electrical system from each other and from earth. Solid insulating material may also provide mechanical support. For these purposes it is generally desirable to have the insulation resistance as high as possible, consistent with acceptable mechanical, chemical and heat resistance properties. Volume resistance is a part of the insulating resistance.

Volume resistivity can be used as an aid in the choice of an insulating material for a specific application. The change in resistivity with temperature and humidity may be great and has to be known when designing for operation conditions.

When a direct voltage is applied between electrodes in contact with a specimen, the current through it decreases asymptotically towards a steady-state value. The decrease of current with time may be due to dielectric polarization and the sweep of mobile ions to the electrodes. For materials having volume resistivity less than about $10^{10} \Omega\text{m}$ the steady state is generally reached within 1 min and the resistance is determined after this time of electrification. For materials with higher volume resistivity the current may continue decreasing for several minutes, hours, days or even weeks. For such materials, therefore, longer electrification times may be necessary.

NOTE For very high electric field strengths different behaviour can occur.

5 Method of test

5.1 General

This general method describes common values for general measurements. If a method for a specific type of material is described in this standard, the specific method shall be used.

The measurement of volume resistance (and volume resistivity respectively) shall be carried out carefully and taking into account the electric properties of the measuring circuit as well as the specific electric properties of the material.

To carry out the test, in most cases the use of high voltages is necessary. Care shall be taken to prevent electric shock.

Polarization effects can influence the measurement. Therefore it is not acceptable to achieve the measured resistance twice in two consecutive experiments without a sufficient space of time in-between.

NOTE For materials with volume resistance of not more than $10^{12} \Omega$ a period of 1 h after voltage application might be sufficient.

5.2 Power supply, voltage

A source of very steady direct voltage is required. This may be provided either by batteries or by rectified and stabilized power supply. The degree of stability required is such that the change in current due to any change in voltage is negligible compared with the current to be measured.

NOTE 1 The ripple of the voltage source is important. A typical value for 100 V is $<5 \times 10^{-5}$ peak to peak.

Commonly specified test voltages to be applied to the complete specimen are 10 V, 100 V, 500 V, 1 000 V, and 10 000 V.

If not otherwise stipulated, a voltage of 100 V is to be used.

NOTE 2 In air, below 340 V no partial discharges will occur. Partial discharge can lead to erroneous measurements of the resistance when a specific inception voltage is exceeded.

5.3 Equipment

5.3.1 Accuracy

Any suitable equipment may be used. The measuring device should be capable of determining the unknown resistance with an overall accuracy of at least

- ± 10 % for resistances below $10^{10} \Omega$,
- ± 20 % for resistances between $10^{10} \Omega$ and $10^{14} \Omega$,
- ± 50 % for values higher than $10^{14} \Omega$.

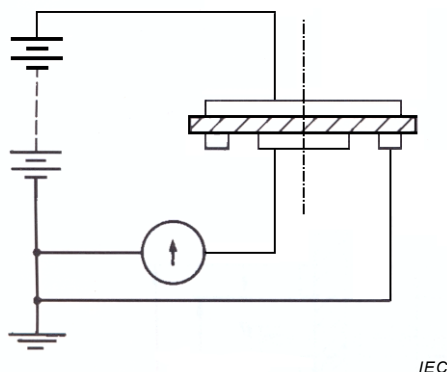
5.3.2 Guarding

The insulation of the measuring circuit is composed of materials which, at best, have properties comparable with those of the material under test. Errors in the measurement of the specimen may arise from:

- stray current from spurious external voltages which are usually unknown in magnitude and often sporadic in character;
- inadequate shunting of the specimen resistance, reference resistors or the current measuring device by insulation, having resistance of unknown, and possibly variable magnitude;
- the surface resistance may be lower than the volume resistance by one order of magnitude.

An approximate correction of these difficulties may be obtained by making the insulation resistance of all parts of the circuit as high as possible under the conditions of use. This may lead to unwieldy apparatus which is still inadequate for measurement of insulation resistances higher than the magnitude of some hundred M Ω . A more satisfactory correction is obtained by using the technique of guarding.

Guarding depends on interposing, in all critical insulated parts, guard conductors which intercept all stray currents that might otherwise cause errors. The guard conductors are connected together, constituting the guard system and forming with the measuring terminals a three terminal network. When suitable connections are made, stray currents from spurious external voltages are shunted away from the measuring circuit by the guard system, the insulation resistance from either measuring terminal to the guard system shunts a circuit element which should be of very much lower resistance, and the specimen resistance constitutes the only direct path between the measuring terminals. By this technique the probability of error is considerably reduced. The basic connections for guarded electrodes used for volume resistance is shown in Figure 1.



IEC

Figure 1 – Basic connection for guarded electrodes

NOTE Dimensions of specimen are given in 5.5

Voltages (e.g. electrochemically or thermally induced) between guard and guarded terminals can be compensated if they are small. Care shall be taken so that such voltages do not introduce significant errors in the measurements.

Errors in the measurement of current may result from the fact that the current-measuring device is shunted by the resistance between the guarded terminal and the guard system. To ensure satisfactory operation of the equipment, a measurement should be made with the lead from the voltage source to the specimen disconnected. Under this condition, the equipment should indicate infinite resistance within its sensitivity. If suitable standards of known values are available, they may be used to test the operation of the equipment.

5.3.3 Electrodes

5.3.3.1 General

The electrodes for insulating materials should be of a material that is readily applied, allows intimate contact with the specimen surface and introduces no appreciable error because of electrode resistance or contamination of the specimen. The electrode material should be corrosion resistant under the conditions of the test. The electrodes shall be used with suitable backing plates of the given form and dimensions. It may be advantageous to use two different electrode materials or two methods of application to see if any significant error is introduced. The following are typical electrode materials that may be used.

5.3.3.2 Conductive silver paint

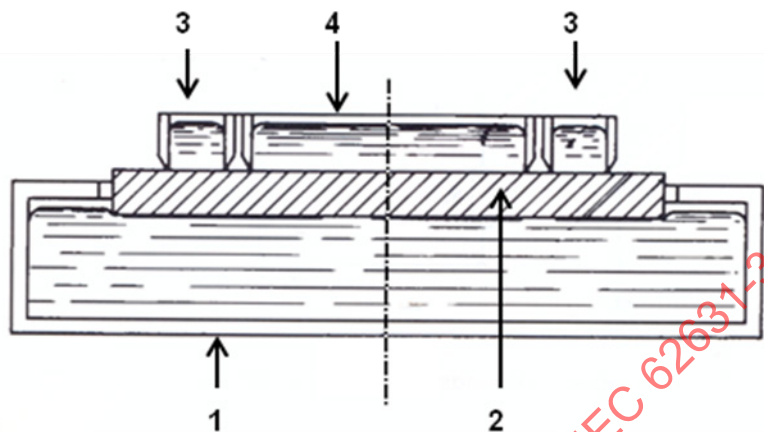
Certain types of commercially available, high-conductivity silver paints, either air-drying or low-temperature-baking varieties are sufficiently porous to permit diffusion of moisture through them and thereby allow the test specimens to be conditioned after application of the electrodes. This is a particularly useful feature in studying resistance-humidity effects as well as changes with temperature. However, before conductive paint is used as an electrode material, it should be established that the solvent in the paint does not affect the electrical properties of the specimen. Reasonably smooth edges of guard electrodes may be obtained with a fine-bristle brush. However, for circular electrodes, sharper edges may be obtained by the use of a compass for drawing the outline circles of the electrodes and filling in the enclosed areas by brush. Clamp-on masks may be used if the electrode paint is sprayed on.

5.3.3.3 Evaporated or sputtered metal

Evaporated or sputtered metal can be used where it can be shown that the material is not affected by ion bombardment, temperature stress or vacuum treatment.

5.3.3.4 Liquid electrodes

Liquid electrodes can be used and give satisfactory results. The liquid forming the upper electrode should be confined, for example, by stainless steel rings, each of which should have its lower rim reduced to a sharp edge by bevelling on the side away from the liquid. Figure 2, shows the electrode arrangement. Alloys e.g. containing gallium, indium and tin which are liquid at room temperature had been proved as suitable. Mercury is not recommended.



IEC

Key

- 1 Measurement electrode
- 2 Specimen
- 3 Guard electrode
- 4 Liquid metal electrode

Figure 2 – Specimen with liquid electrodes

5.3.3.5 Colloidal graphite

Colloidal graphite dispersed in water or other suitable medium, may be used under the same conditions as given for conductive silver paint.

5.3.3.6 Conducting rubber

Conducting rubber may be used as an electrode material. It has the advantage that it can be applied and removed from the specimen quickly and easily. As the electrodes are applied only during the time of measurement they do not interfere with the conditioning of the specimen. The resistance of the rubber electrode shall be less than 1 000 Ω .

The conducting rubber material shall be soft enough to ensure that effective contact to the specimen is obtained when a reasonable pressure, for example 2 kPa (0,2 N/cm²), is applied. Shore A hardness according to ISO 868 in the range of 65 to 85 has been found suitable.

NOTE Results of resistivity measurements obtained with the application of electrodes made of conducting rubber are always higher (few tens to few hundreds %) in comparison to that obtained for metallic electrodes.

5.3.3.7 Metal foil

Metal foil can be applied to specimen surfaces as electrodes for volume resistance measurement, but it is not suitable for surface resistance measurement. Aluminum and tin foil are in common use. They are usually attached to the specimen by a minimum quantity of petrolatum, silicone grease, oil or other suitable material, as an adhesive.

All adhesive materials may be of influence to the measurement results and should be minimized.

NOTE A pharmaceutically obtainable jelly of the following composition is suitable as a conductive adhesive:

- anhydrous polyethylene glycol of molecular mass 600 to 800 parts by mass;
- water: 200 parts by mass;
- soft soap (pharmaceutical quality): 1 part by mass;
- potassium chloride: 10 parts by mass;

Soft soap is a non-corrosive, neutral soap used for medical purposes.

The electrodes shall be applied under a smoothing pressure sufficient to eliminate all wrinkles and to work excess adhesive towards the edge of the foil where it can be wiped off with a cleansing tissue. Rubbing with a soft material such as the finger, has been used successfully. This technique can be used satisfactorily only on specimens that have very smooth surfaces. With care, the adhesive film can be reduced to 0,002 5 mm or less.

5.4 Calibration

The equipment shall be calibrated in the magnitude of the volume resistance measured.

NOTE Calibration resistors in the range up to 100 TΩ are commercially available.

5.5 Test specimen

5.5.1 General

The specimen under test shall have a thickness close to their application.

If not otherwise specified, a plate $\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm} \times (1 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm})$ is recommended.

5.5.2 Recommended dimensions of test specimens and electrode arrangements

If not otherwise stipulated in the relevant product standard, the following dimensions, as shown in Table 1, for test specimens are recommended:

Table 1 – Test specimen

Type of product	Recommended dimensions of test specimen	Remarks
Thermoplastic moulding components		
Thermosetting moulding components		
Long fibre reinforced polyester and vinyl ester moulding components (SMB BMC)	100 mm × 100 mm × (3 to 5) mm	
Epoxy based sheets and laminates		
Impregnating resins and varnishes	See IEC 62631-3-11	Materials described in IEC 60455 and IEC 60464
Casting resins		Materials described in IEC 60455
Pipes, bars, rods		Materials described in IEC 61212
Elastomeric material	100 mm × 100 mm × 3 mm	

5.5.3 Manufacturing of test specimens

The production and shape of the test specimens shall be determined by the relevant standards for the material. During removal and production of the specimens the condition of the material shall not be changed and the specimen shall not be damaged.

If the surface of the test specimen is machined at the contact areas of the electrodes, the type of machining shall be specified in the test report. The test specimens shall have a geometrically simple shape (e.g. plate with parallel measuring areas, cylinder etc.).

Specimens from products shall be prepared with the product thickness, if possible.

5.5.4 Number of test specimen

The number of specimens to be tested shall be determined by the relevant product standards. If no such data is available, at least three specimens shall be tested.

5.5.5 Conditioning and pre-treatment of test specimen

Conditioning and any other pre-treatment of the test specimens shall be carried out according to the relevant product standard. If no product standard exists, conditioning shall be done for at least 4 days at 23 °C and 50 % r.h. according to IEC 60212 (standard climate B).

5.6 Procedures for specific materials

Specific materials are described in material specifications. IEC 60455-2, IEC 60464-2 and IEC 61212-2 contain methods of test. If a specific procedure for a specified material exists, this specification shall be used.

6 Test procedure

6.1 General

A number of specimens as described in the relevant specification shall be prepared. If not otherwise specified, 3 specimens shall be tested. Thickness of the sample should be measured at least at 5 points before application of the electrodes. The thickness of the specimens and electrode dimensions shall be measured with an accuracy of ± 1 %.

6.2 Measurement of volume resistance

Before measurement, the specimen shall be brought into an electrically stable condition. To obtain this, short-circuit the measuring electrodes of the specimen through the measuring device and observe the changing short-circuit current, while increasing the sensitivity of the current measuring device. The short-circuit current shall attain a fairly constant value. If not otherwise stipulated, the volume resistance shall be determined after a fixed time of electrification of 1 min. Before the measurement, the specimen shall be stored for at least 24 h under climate conditions

It is not allowed to repeat the measurement unless the specimen is brought into a stable condition again.

Where the time-dependent behavior of the material under test is of interest, apply the specified direct voltage and start a timing device simultaneously. Unless otherwise specified, a measurement is taken after each of the following times of electrification: 1 min, 2 min, 5 min, 10 min, 50 min and 100 min. If two successive measurements give the same results, the test shall be terminated.

6.3 Calculation of volume resistivity

The volume resistivity shall be calculated from the following formula:

$$\rho = R_x \times \frac{A}{h}$$

where

- ρ is the volume resistivity in Ωm ;
- R_x is the volume resistance measured in Ω ;
- A is the effective area of the electrode in m^2 ;
- h is the thickness of the specimen in m (average).

7 Test report

The test report shall include the following:

- complete identification and description of the material tested, including source and manufacturer's code;
- shape and thickness of test specimens;
- test voltage;
- accuracy of the instrument and calibration method, depending on the measured values of resistance, if necessary;
- curing conditions of the material and any pre-treatment;
- conditioning of samples and climatic conditions under test;
- description of test set-up and instrument used for the test;
- number of samples;
- date of test;
- each single value and the median of volume resistance and volume resistivity, respectively;
- ambient conditions during testing;
- any other important observations if applicable.

8 Repeatability and reproducibility

Measurements of volume resistance and volume resistivity are dependent on numerous aspects. Experience have shown that the reproducibility is in the range of > 50 % (of the measured value).

The repeatability is between 20 % and 50 %.

NOTE Repeatability and reproducibility are under consideration. IEC TC112 WG4 is going to perform a round robin test to specify the repeatability and reproducibility with more precision.

Bibliography

IEC 60050-121, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 62631-3-11, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-11: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume resistance and volume resistivity – Method for impregnation and coating materials*¹

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62631-3-1:2016

¹ Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application.....	17
2 Références normatives	17
3 Termes et définitions	17
4 Portée	18
5 Méthode d'essai	18
5.1 Généralités	18
5.2 Tension d'alimentation	19
5.3 Equipements	19
5.3.1 Précision	19
5.3.2 Dispositifs de garde	19
5.3.3 Electrodes	20
5.4 Étalonnage	22
5.5 Specimen d'essai	22
5.5.1 Généralités	22
5.5.2 Dimensions recommandées pour les spécimens d'essai et les agencements des électrodes	22
5.5.3 Fabrication de spécimens d'essai	23
5.5.4 Nombre de spécimens d'essai	23
5.5.5 Conditionnement et prétraitement du spécimen d'essai	23
5.6 Procédures pour matériaux spécifiques	23
6 Procédure d'essai	24
6.1 Généralités	24
6.2 Mesure de la résistance transversale.....	24
6.3 Calcul de la résistivité transversale.....	24
7 Rapport d'essai	24
8 Répétabilité et reproductibilité.....	25
Bibliographie	26
Figure 1 – Connexions de base d'électrodes gardées	20
Figure 2 – Specimen avec électrodes liquides	21
Tableau 1 – Specimen d'essai.....	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES ET
RÉSISTIVES DES MATÉRIAUX ISOLANTS SOLIDES –****Partie 3-1: Détermination des propriétés
résistives (méthodes en courant continu) –
Résistance transversale et résistivité transversale – Méthode générale**

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 62631-3-1 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Evaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

Cette première édition de l'IEC 62631-3-1 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 60093 parue en 1980. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à la deuxième édition de l'IEC 60093:

- a) l'IEC 60093 a été entièrement révisée, au niveau éditorial et technique, et insérée dans la nouvelle série IEC 62631;

- b) les méthodes d'essai ont été mises à jour à l'état actuel de la technique;
- c) les résistances et les résistivités transversales et superficielles sont maintenant séparées pour figurer dans la présente partie de l'IEC 62631 et dans l'IEC 62631-3-2, respectivement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
112/339/FDIS	112/350/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 62631, publiées sous le titre général *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES ET RÉSISTIVES DES MATÉRIAUX ISOLANTS SOLIDES –

Partie 3-1: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance transversale et résistivité transversale – Méthode générale

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62631 couvre une méthode d'essai pour déterminer la résistance transversale et la résistivité transversale de matériaux isolants électriques en appliquant une tension continue.

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

IEC 60455 (toutes les parties), *Composés réactifs à base de résine utilisés comme isolants électriques*

IEC 60464 (toutes les parties), *Vernis utilisés pour l'isolation électrique*

IEC 61212 (toutes les parties), *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables à usages électriques*

ISO 868, *Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

résistance transversale

partie de la résistance d'isolement qui est due à la conduction dans le volume

Note 1 à l'article: La résistance transversale s'exprime en Ω .

3.2

résistivité transversale

résistance transversale d'un matériau en fonction de son volume

Note 1 à l'article: La résistivité transversale s'exprime en Ωm .

Note 2 à l'article: Pour les matériaux isolants, la résistivité transversale est généralement déterminée au moyen d'électrodes de mesure disposées sur une feuille du matériau.

Note 3 à l'article: Conformément à l'IEC 60050-121: Electromagnétisme, la «conductivité» est définie comme «la grandeur scalaire ou tensorielle dont le produit par le champ électrique dans un milieu est égal à la densité de courant électrique», et la «résistivité» est définie comme «l'inverse de la conductivité lorsque cet inverse existe». Mesurée ainsi, la résistivité transversale est une moyenne de la résistivité sur les hétérogénéités éventuelles dans le volume incluses dans la mesure, et comprend l'effet d'éventuels phénomènes de polarisation au niveau des électrodes.

3.3

courant vagabond

courant de fuite dans la terre ou dans des structures métalliques enterrées, et qui résulte de leur mise à la terre intentionnelle ou non

4 Portée

Des matériaux isolants sont en général utilisés pour isoler électriquement les composants d'un système électrique les uns par rapport aux autres et par rapport à la terre. Un matériau isolant solide peut également servir de support mécanique. Pour ces utilisations, il est généralement souhaitable que la résistance d'isolement soit aussi élevée que possible et qu'elle présente des propriétés mécaniques, chimiques et de résistance à la chaleur acceptables. La résistance transversale fait partie de la résistance d'isolement.

La résistivité transversale peut être utilisée pour choisir un matériau isolant destiné à une application spécifique. La variation de la résistivité en fonction de la température et de l'humidité peut être importante et elle doit être connue lors de la conception pour prévoir les conditions de fonctionnement.

Lorsqu'une tension continue est appliquée entre des électrodes en contact avec un spécimen, le courant qui traverse ce spécimen diminue de manière asymptotique vers une valeur en régime établi. La diminution du courant en fonction du temps peut être due à la polarisation diélectrique et au déplacement des ions mobiles vers les électrodes. Pour des matériaux ayant une résistivité transversale inférieure à environ $10^{10} \Omega m$, la valeur en régime établi est en général atteinte au bout de 1 min et la résistance est déterminée après cette durée de mise sous tension. Pour les matériaux de plus grande résistivité transversale, le courant peut continuer à diminuer pendant plusieurs minutes, heures, jours ou même semaines. Par conséquent, des durées de mise sous tension plus longues peuvent être nécessaires pour de tels matériaux.

NOTE Le comportement peut être différent lorsque les champs électriques sont très élevés.

5 Méthode d'essai

5.1 Généralités

Cette méthode générale décrit des valeurs courantes pour les mesures générales. Si la présente norme décrit une méthode pour un type spécifique de matériau, la méthode spécifique doit être utilisée.

La résistance transversale (respectivement la résistivité transversale) doit être mesurée avec précaution et en tenant compte des propriétés électriques du circuit de mesure ainsi que des propriétés électriques spécifiques du matériau.

Pour réaliser l'essai, il est nécessaire d'utiliser des hautes tensions dans la plupart des cas. Des précautions doivent être prises pour éviter les chocs électriques.

Les effets de la polarisation peuvent avoir une influence sur les mesures. Il n'est donc pas acceptable de mesurer deux fois la résistance dans deux expériences consécutives sans respecter un intervalle de temps suffisant entre les deux mesures.

NOTE Pour des matériaux dont la résistance transversale ne dépasse pas $10^{12} \Omega$, une durée de 1 h après l'application de la tension peut être suffisante.

5.2 Tension d'alimentation

Une source de tension continue très stable est exigée. Cette condition peut être obtenue soit par l'utilisation de batteries, soit par une alimentation redressée et stabilisée. Le degré de stabilité exigé est tel que la variation de courant liée aux variations de tension reste négligeable par rapport au courant à mesurer.

NOTE 1 L'ondulation de la source de tension est importante. Une valeur typique pour 100 V est $< 5 \times 10^{-5}$ crête à crête.

Les tensions d'essai spécifiées à appliquer au spécimen entier sont généralement 10 V, 100 V, 500 V, 1 000 V et 10 000 V.

Sauf indication contraire, une tension de 100 V doit être utilisée.

NOTE 2 Dans l'air, aucune décharge partielle ne se produit en dessous de 340 V. Une décharge partielle peut conduire à des mesures erronées de la résistance lorsqu'une tension d'apparition spécifique est dépassée.

5.3 Equipements

5.3.1 Précision

Tout équipement approprié peut être utilisé. Il convient que le dispositif de mesure permette de déterminer la résistance inconnue avec une précision d'au moins:

- ± 10 % pour des résistances inférieures à $10^{10} \Omega$,
- ± 20 % pour des résistances comprises entre $10^{10} \Omega$ et $10^{14} \Omega$,
- ± 50 % pour des résistances supérieures à $10^{14} \Omega$.

5.3.2 Dispositifs de garde

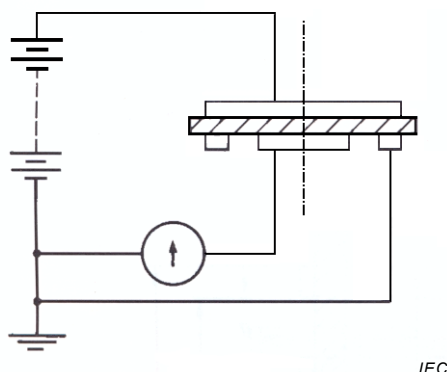
L'isolement du circuit de mesure est composé de matériaux dont les propriétés sont, dans les cas favorables, comparables à celles du matériau soumis aux essais. Des erreurs dans la mesure d'un spécimen peuvent provenir:

- des courants vagabonds dus aux tensions parasites externes dont on ne connaît généralement pas l'amplitude et qui sont souvent sporadiques;
- des mises en court-circuit indésirables de la résistance du spécimen, des résistances de référence ou du dispositif de mesure du courant par des isolements dont la résistance n'est pas connue et pouvant varier;
- de la résistance superficielle qui peut être inférieure à la résistance transversale d'un ordre de grandeur.

Une correction approximative de ces difficultés peut être effectuée en rendant la résistance d'isolement de tous les éléments du circuit aussi élevée que possible dans les conditions d'utilisation. Cela peut rendre l'appareillage encombrant et inadapté à la mesure de résistances d'isolement supérieures à quelques centaines de $M\Omega$. Une correction plus satisfaisante est obtenue en utilisant la technique du dispositif de garde.

La réalisation d'un dispositif de garde consiste à interposer, dans tous les éléments isolants critiques, des conducteurs de garde qui interceptent tous les courants vagabonds susceptibles de causer des erreurs. Les conducteurs de garde reliés ensemble constituent le système de garde et forment avec les bornes de mesure un réseau à trois bornes. Quand des connexions appropriées sont établies, tous les courants vagabonds provenant des tensions parasites externes sont dérivés par le dispositif de garde hors du circuit de mesure, la résistance d'isolement entre n'importe quelle borne de mesure et le dispositif de garde court-circuite un élément du circuit dont il convient que la résistance d'isolement soit bien plus faible, et la résistance du spécimen constitue le seul chemin direct entre les bornes de mesure. Cette technique réduit considérablement les risques d'erreur. Les connexions de

base d'électrodes gardées utilisées pour une résistance transversale sont représentées à la Figure 1.



IEC

Figure 1 – Connexions de base d'électrodes gardées

NOTE Les dimensions du spécimen sont données en 5.5.

Si elles sont petites, les tensions (par exemple induites de manière électrochimique ou thermique) entre un système de garde et des bornes gardées peuvent être compensées. Des précautions doivent être prises pour éviter que ces tensions provoquent des erreurs de mesure significatives.

Des erreurs de mesure du courant peuvent résulter du fait que le dispositif de mesure du courant est court-circuité par la résistance entre l'électrode gardée et le système de garde. Pour garantir un fonctionnement satisfaisant de l'équipement, il convient de réaliser une mesure en débranchant le conducteur entre la source de tension et le spécimen. Dans cet état, il convient que l'équipement indique une résistance infinie (dans les limites de la sensibilité de l'équipement). Si des normes appropriées donnant des valeurs connues existent, elles peuvent servir à contrôler le fonctionnement de l'équipement.

5.3.3 Electrodes

5.3.3.1 Généralités

Il convient que les électrodes pour des matériaux isolants soient constituées d'un matériau qui s'applique facilement, qui assure un bon contact avec la surface des spécimens et qui n'introduit pas d'erreur appréciable causée par la résistance de l'électrode ou par la contamination du spécimen. Il convient que le matériau de l'électrode résiste à la corrosion dans les conditions d'essai. Les électrodes doivent être utilisées avec des plaques de fixation de forme et de dimensions données. Il peut être avantageux d'utiliser deux matériaux différents pour les électrodes ou deux méthodes d'application pour voir si une erreur appréciable apparaît. Les matériaux d'électrodes typiques indiqués ci-dessous peuvent être utilisés.

5.3.3.2 Peinture conductrice à l'argent

Certaines peintures à l'argent de haute conductivité disponibles dans le commerce, qui sèchent à l'air ou qui cuisent à faible température, sont suffisamment poreuses pour être perméables à l'humidité. Elles permettent donc de conditionner les spécimens d'essai après l'application des électrodes. Cette caractéristique est particulièrement utile pour étudier les effets de l'humidité sur la résistance ainsi que des variations de température. Toutefois, avant d'utiliser une peinture conductrice comme matériau d'électrode, il convient de vérifier que le solvant de la peinture n'affecte pas les propriétés électriques du spécimen. Des électrodes de garde avec des bords raisonnablement réguliers peuvent être obtenues à l'aide d'une brosse à poils fins. Toutefois, pour des électrodes circulaires, des bords plus nets peuvent être obtenus en utilisant un compas pour dessiner les contours circulaires des électrodes et en

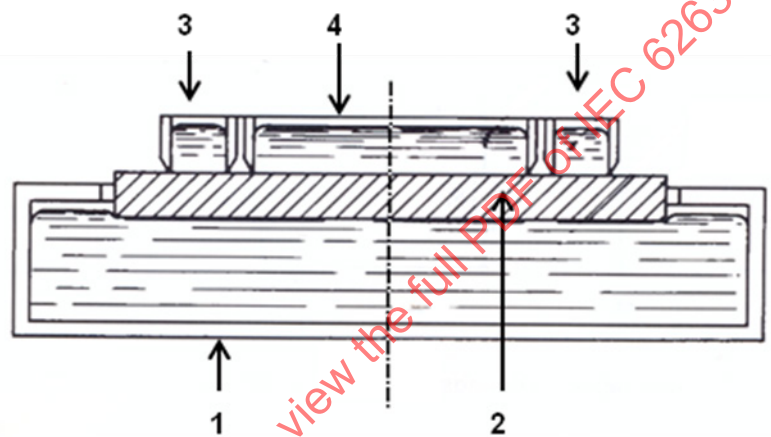
remplissant les zones ainsi définies à l'aide d'un pinceau. Des masques peuvent être utilisés si la peinture des électrodes est appliquée par pulvérisation.

5.3.3.3 Métal évaporé ou pulvérisé

Du métal évaporé ou pulvérisé peut être utilisé lorsque l'on peut démontrer que le matériau n'est pas affecté par le bombardement des ions, les contraintes de température ou un traitement sous vide.

5.3.3.4 Electrodes liquides

Des électrodes liquides peuvent être utilisées et donnent des résultats satisfaisants. Il convient que le liquide formant les électrodes supérieures soit confiné, par exemple, par des anneaux en acier inoxydable, et il convient que le bord inférieur de chaque anneau soit taillé en biseau du côté opposé au liquide. La Figure 2 représente un agencement d'électrodes. Les alliages contenant par exemple du gallium, de l'indium ou de l'étain, qui sont liquides à température ambiante conviennent. Le mercure n'est pas recommandé.



IEC

Légende

- 1 Electrode de mesure
- 2 Spécimen
- 3 Electrode de garde
- 4 Electrode métallique liquide

Figure 2 – Spécimen avec électrodes liquides

5.3.3.5 Graphite colloïdal

Le graphite colloïdal dissous dans de l'eau ou dans un autre milieu approprié peut être utilisé dans les mêmes conditions que celles de la peinture conductrice à l'argent.

5.3.3.6 Caoutchouc conducteur

Du caoutchouc conducteur peut être utilisé comme matériau d'électrode. Il offre l'avantage de pouvoir être appliqué et retiré du spécimen rapidement et facilement. Les électrodes étant appliquées uniquement pendant le temps des mesures, elles ne gênent pas le conditionnement du spécimen. La résistance de l'électrode en caoutchouc doit être inférieure à 1 000 Ω .

Le caoutchouc conducteur doit être suffisamment souple pour assurer un bon contact avec le spécimen lorsqu'une pression raisonnable est appliquée, par exemple 2 kPa (0,2 N/cm²). Une dureté Shore A conformément à l'ISO 868 dans la plage de 65 à 85 s'est montrée appropriée.

NOTE Les résultats des mesures de résistivité obtenus en appliquant des électrodes faites de caoutchouc conducteur sont toujours supérieurs (quelques dizaines à quelques centaines de %) à ceux obtenus avec des électrodes métalliques.

5.3.3.7 Feuille métallique

Une feuille métallique peut être appliquée sur les surfaces du spécimen pour servir d'électrode pour la mesure de la résistance transversale, mais elle ne convient pas pour la mesure de la résistance superficielle. Des feuilles d'aluminium et d'étain sont couramment utilisées. Elles sont généralement fixées au spécimen à l'aide d'une quantité minimale d'adhésif constitué de vaseline, de graisse de silicone ou d'un autre matériau approprié.

Tous les matériaux adhésifs peuvent avoir une influence sur les résultats de mesure et il convient d'en utiliser une quantité minimale.

NOTE Un gel pouvant être préparé en pharmacie ayant la composition décrite ci-dessous peut être utilisé comme adhésif conducteur:

- polyéthylène glycol anhydre de masse moléculaire comprise entre 600 et 800 parties en masse;
- eau: 200 parties en masse;
- savon doux (qualité pharmaceutique): 1 partie en masse;
- chlorure de potassium: 10 parties en masse;

Le savon doux est un savon neutre et non corrosif utilisé à des fins médicales.

Les électrodes doivent être appliquées en exerçant sur elles une légère pression suffisante pour éliminer tous les plis et pour chasser l'excès d'adhésif vers le bord de la feuille où il peut être essuyé à l'aide d'un chiffon. Frotter avec un objet mou, par exemple un doigt, fonctionne bien. Cette technique peut donner des résultats satisfaisants uniquement sur des spécimens de surface très lisse. En prenant les précautions nécessaires, le film adhésif peut être réduit à 0,002 5 mm ou moins.

5.4 Étalonnage

L'équipement doit être étalonné pour la grandeur de la résistance transversale mesurée.

NOTE Des résistances d'étalonnage pouvant atteindre 100 TΩ sont disponibles dans le commerce.

5.5 Spécimen d'essai

5.5.1 Généralités

L'épaisseur du spécimen d'essai doit être proche de celle prévue pour l'application.

Sauf spécification contraire, il est recommandé d'utiliser une plaque présentant les dimensions suivantes: $\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm} \times (1 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm})$.

5.5.2 Dimensions recommandées pour les spécimens d'essai et les agencements des électrodes

Si la norme de produit applicable n'en spécifie pas d'autres, les dimensions de spécimens d'essai données dans le Tableau 1 ci-dessous sont recommandées.