

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface resistance and surface resistivity

Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 more than 30 000 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

More than 60 000 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 plus de 30 000 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

Plus de 60 000 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 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface
resistance and surface resistivity**

**Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides –
Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant
continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.99; 29.035.01

ISBN 978-2-8322-3025-1

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	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Significance	7
5 Method of test	7
5.1 General	7
5.2 Voltage	8
5.3 Equipment	8
5.3.1 General	8
5.3.2 Accuracy	8
5.3.3 Voltage source	8
5.3.4 Electrode arrangement A – Spring loaded electrodes	8
5.3.5 Electrode arrangement B – Small line electrodes	9
5.3.6 Electrode arrangement C – Annular electrodes	10
5.3.7 Electrode arrangement D – Line electrodes	11
5.3.8 Electrode arrangement E – Line electrodes for small plates	11
5.4 Test circuit	11
5.5 Calibration	12
5.6 Test specimen	12
5.6.1 Recommended dimensions of test specimen and electrode arrangements	12
5.6.2 Manufacturing of test specimen	12
5.6.3 Number of test specimen	13
5.6.4 Application of electrodes	13
5.6.5 Conditioning and pre-treatment of test specimen	13
5.7 Test procedure	13
6 Evaluation	13
6.1 For electrode arrangements A, B, D, and E	13
6.2 For electrode arrangement C	14
7 Test report	14
8 Repeatability and reproducibility	15
Annex A (informative) Specimen dimensions and electrode arrangement	16
Bibliography	17
Figure 1 – Electrode arrangement A (example)	9
Figure 2 – Collector electrode for electrode arrangement B	10
Figure 3 – Electrode arrangement C	10
Figure 4 – Connection diagram of measurement with two- and three-terminal electrode arrangements	12
Table 1 – Typical electrode dimensions for electrode arrangement C	11
Table A.1 – Recommended test specimen dimensions and electrode arrangements for specific products	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DIELECTRIC AND RESISTIVE PROPERTIES
OF SOLID INSULATING MATERIALS –****Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) –
Surface resistance and surface resistivity**

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 62631-3-2 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This first edition cancels and replaces the second edition of IEC 60093, published in 1980, and 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 into IEC 62631-3-1 and IEC 62631-3-2, respectively.

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

FDIS	Report on voting
112/340FDIS	112/351/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.

DIELECTRIC AND RESISTIVE PROPERTIES OF SOLID INSULATING MATERIALS –

Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface resistance and surface resistivity

1 Scope

This part of IEC 62631 covers methods of test for the determination of surface resistance and surface resistivity of electrical insulation materials by applying 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 62631-3-1, *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

IEC 62631-3-3, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-3: Determination of resistive properties (DC Methods) – Insulation resistance*¹

3 Terms and definitions

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

3.1

electrode arrangement

electrical conductive bodies on the surface of a test specimen

Note 1 to entry: The arrangement of electrodes should include procedures to ascertain sufficient contact to the surface (e.g. by means of conducting paint) and/or the use of an adequate mechanical system applying the necessary contact force to the test specimen's surface.

3.1.1

spring loaded electrodes

line electrode system using two parallel lines of conducting spring tongues with sharp edges, separated by a gap

3.1.2

line electrodes

electrode arrangement provided by two parallel lines, separated by a gap, applied to the test specimen's surface using a conductive material

¹ To be published.

3.1.3**annular electrodes**

central circular planar electrode with a surrounding ring electrode separated by a gap

Note 1 to entry: Guarded electrode systems as described in IEC 62631-3-1 are of similar shape. In the case of surface resistance, the ring electrode does not have the function of a guard; guard functionality, however, is provided by the opposite electrode.

3.2**measured resistance**

ratio of DC voltage applied to an electrode arrangement in contact with a test specimen to the current between them measured with sufficient precision

Note 1 to entry: A three terminal electrode arrangement may be used to exclude undesired volume currents from the determination of the measured resistance.

Note 2 to entry: A Wheatstone bridge may also be used to compare the measured resistance with a standard resistor. However, Wheatstone bridges are not commonly used anymore.

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 surface 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**surface resistance**
 R_S

measured resistance between any electrode arrangement defined by this standard

Note 1 to entry: Dependent on the electrode arrangement used it is designated as R_{SA} , R_{SB} , R_{SC} , R_{SD} or R_{SE} with surface resistance, R_S expressed by the unit Ω .

Note 2 to entry: An indeterminable part of the resistance inside the material is also included in surface resistance during measurement of this resistance.

3.4**surface resistance between spring loaded electrodes**
 R_{SA}

measured resistance between spring loaded electrodes

3.5**surface resistance between small line electrodes**
 R_{SB}

measured resistance between small line electrodes

3.6**surface resistance between annular electrodes**
 R_{SC}

measured resistance between the inner circular area of an annular electrode system and the outer circular ring electrode.

3.7**surface resistance between line electrodes**
 R_{SD}

measured resistance between line electrodes

3.8**surface resistance between line electrodes for small plates**
 R_{SE}

measured resistance between line electrodes for small plates

3.9

surface resistivity

σ

surface resistance R_{SA} , R_{SB} , R_{SC} , R_{SD} or R_{SE} referred to a square, expressed as σ_A , σ_B , σ_C , σ_D and σ_E respectively

Note 1 to entry: Surface resistivity σ_C , σ_D and σ_E is expressed by the unit Ω .

Note 2 to entry: Surface resistivity is often also expressed by the non-standardized unit Ω per square, to show that the electrode dimension has been taken into account by calculating the specific value.

Note 3 to entry: It can be compared for materials only if identical dimensions of the electrodes are used. Recommended dimensions are given in 5.3.

4 Significance

Insulating materials are used in general to electrically isolate components of an electrical system from each other and from earth. Solid insulating materials can 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.

Surface resistance is, as volume resistance, a part of the insulating resistance.

Insulating resistance shall be determined according to IEC 62631-3-3 and volume resistance according to IEC 62631-3-1.

Surface resistance supplies information on the electrical resistances on the surface of materials and products. The surface resistance also permits monitoring of changes in the resistance by external effects. Surface resistance, however, for its major part is not a material property. Surface resistance depends mainly on processing parameters, environmental conditions, surface ageing phenomena and pollution, etc.

Dependent on the specific application, different electrode arrangements can be preferable.

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.

Different types of electrodes can be used, dependent on the specific measurement or product demands. For instance, on surfaces with a curved shape, a small line electrode can be advantageous. Spring loaded electrodes provide measurements with low effort on products and are optimal for materials which have to be conditioned before the test. If not already stipulated by a product standard, the choice of the electrode arrangement shall be made considering the typical application.

If test specimen are made from materials (e.g. soft rubber) changing their dimensions significantly when applying force by electrodes on them, these electrodes are not applicable and an alternative arrangement shall be used.

If no information about the application is available, small line electrodes (R_{SB}) are recommended.

5.2 Voltage

The measuring voltage shall preferably be

10 V, 100 V, 500 V, 1 000 V and 10 000 V.

Other voltages may be applicable. If not otherwise stipulated, a voltage of 100 V shall be used.

NOTE 1 Partial discharges can lead to erroneous measurements when a specific inception voltage is exceeded. In air, below 340 V, no partial discharges will occur.

NOTE 2 The ripple of the voltage source is important. A typical value for 100 V is $<5 \times 10^{-5}$ peak to peak.

5.3 Equipment

5.3.1 General

Care should be taken that the surface resistance is not negatively influenced by parasitic resistances parallel to the electrode arrangement, such as the resistance of test supports or cable isolation.

To prevent measuring errors for measured resistances higher than $10^{10} \Omega$, shielded cables and shielded measuring cabinets shall be used.

For the determination of surface resistance and surface resistivity different electrode arrangements can be used. The evaluation of surface resistivity is dependent on the selected electrode arrangement.

5.3.2 Accuracy

Any suitable equipment can be used. The measuring device shall 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 $10^{14} \Omega$.

5.3.3 Voltage source

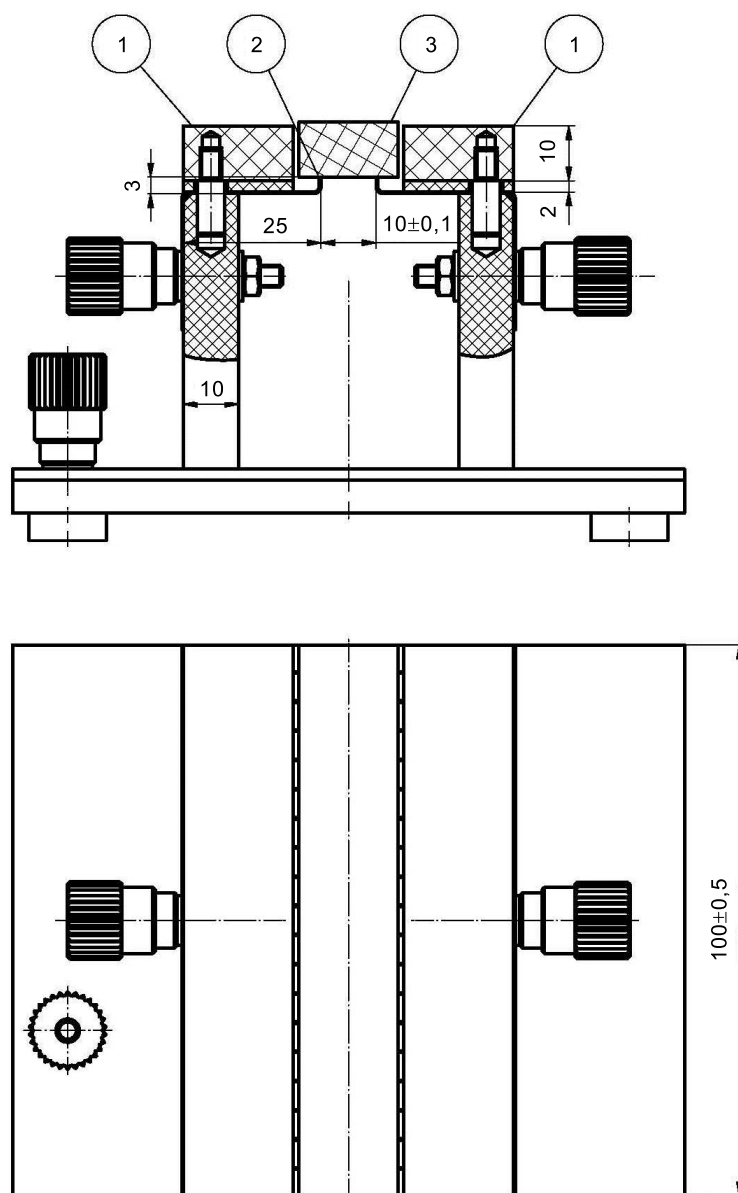
A source of very steady direct voltage is required. This can be provided either by batteries or by rectified and stabilized power supply. The degree of stability required is such that the change in current due to any change in voltage is negligible compared with the current to be measured.

5.3.4 Electrode arrangement A – Spring loaded electrodes

The electrode arrangement A shall consist of two flexible metal knife-edges with a length of 100 mm and a gap distance of 10 mm apart as shown in Figure 1.

No guard electrode is used. The metal knife-edges shall consist of individual spring tongues arranged next to each other about 0,3 mm apart and each with a length not exceeding 5 mm and 0,3 mm thick. The contact force shall be high enough so that all tongues or segments rest against the surface of the test specimen, but without damaging the surface.

A piece of metal exerting the contact force should be applied with high-grade insulation where in contact with the specimen.



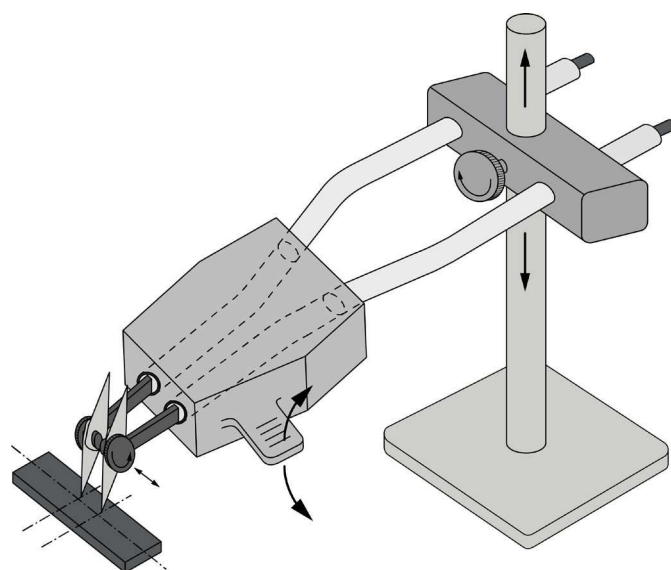
IEC

Key

- 1 guide bar (detachable)
- 2 metal knife-edges
- 3 specimen

Figure 1 – Electrode arrangement A (example)**5.3.5 Electrode arrangement B – Small line electrodes**

Electrode arrangement B shall consist of two adhering line electrodes. No guard electrode is used. For this purpose, two 1,5 mm wide lines with a length of 25 mm and a gap distance of 2 mm apart shall be applied, e.g. with conductive silver. They shall be applied before the conditioning. The lines shall be contacted using a two terminal collector electrode arrangement with conductive blades in attach to them (see Figure 2).

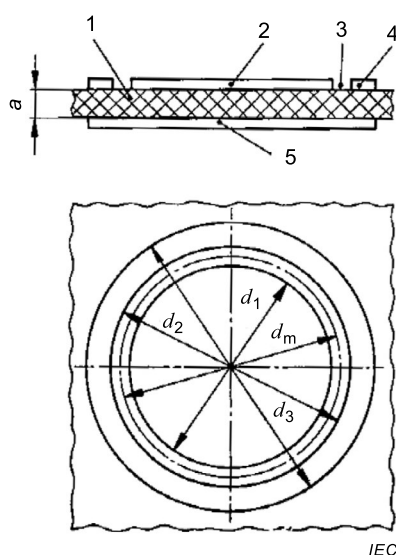


IEC

Figure 2 – Collector electrode for electrode arrangement B

5.3.6 Electrode arrangement C – Annular electrodes

Electrode arrangement C is a three terminal electrode system, as shown in Figure 3. On one side of the test specimen, annular electrodes are applied. The opposite surface of the test specimen is to be covered by a guard electrode, not smaller than the area covered by the corresponding electrodes. Adhesive electrodes can be applied before the conditioning (see 5.6.3).



IEC

Key

- 1 specimen
- 2 electrode 1
- 3 measuring area
- 4 electrode 2
- 5 electrode 3 (guard electrode)

Figure 3 – Electrode arrangement C

Any electrode dimension can be used, unless otherwise stipulated. Typical electrode dimensions are given by Table 1. For comparison tests, electrode arrangement C1 is recommended.

Table 1 – Typical electrode dimensions for electrode arrangement C

	d_1 in mm	d_2 in mm	d_3 in mm
C1	50	60	80
C2	76	88	100
C3	25	38	50

With electrode arrangement C, the surface resistance between electrode 1 and electrode 2 shall be measured. Electrode 3 shall be earthed.

In the case of materials with limited conductivity and also occasionally with films $\leq 10 \mu\text{m}$, it shall be noted that the input resistance of the ammeter is significantly smaller than the volume resistance of the test specimen.

5.3.7 Electrode arrangement D – Line electrodes

Electrode arrangement D shall consist of two adhering line electrodes. No guard electrode is used. The electrode dimensions are correspondent to electrode arrangement A with regard to the electrode length and distance between electrodes. No guard electrode is used.

For this purpose, two parallel 1,5 mm wide lines with a length of (100 ± 1) mm and a gap distance of $(10 \pm 0,5)$ mm apart shall be applied, e.g. with conductive silver. They can be applied before the treatment. The lines shall be contacted using a two terminal collector electrode arrangement with conductive blades attached to them (see Figure 2).

5.3.8 Electrode arrangement E – Line electrodes for small plates

Electrode arrangement E is a three terminal line electrode system. For this purpose, two parallel 1 mm to 2 mm wide lines with a length of (50 ± 1) mm and a gap distance of $(5 \pm 0,5)$ mm apart shall be applied, e.g. with conductive silver.

The opposite surface of the test specimen is to be covered by a guard electrode not smaller than the area covered by the corresponding electrodes. The electrodes can be applied before conditioning of the test specimen. The lines shall be contacted using a three terminal collector electrode arrangement (see Figure 4b).

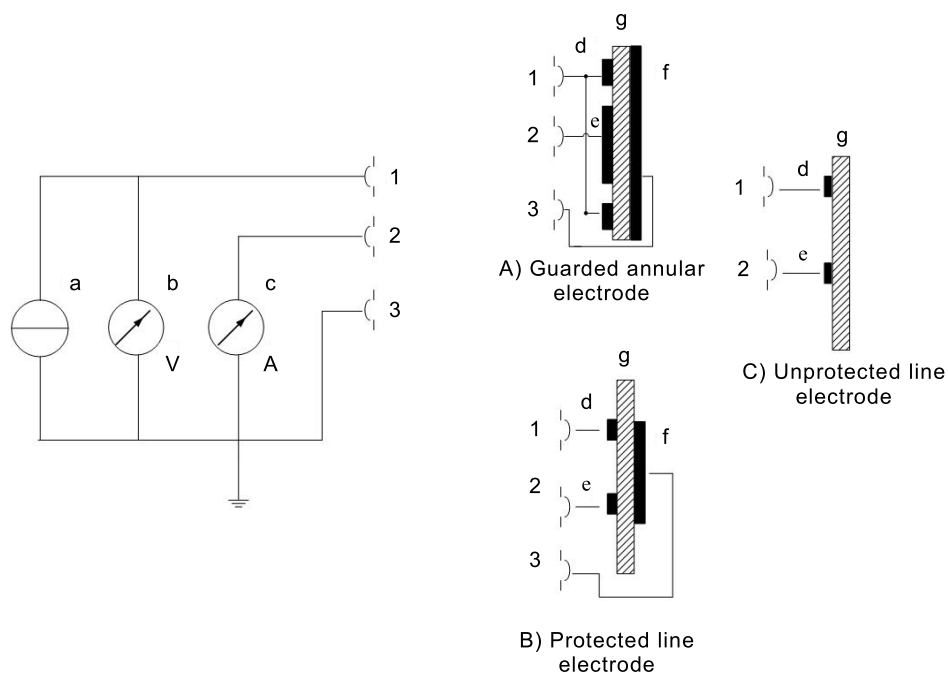
NOTE Electrode arrangement E is preferable when small plates ($\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$) according to ISO 10350 are in use.

5.4 Test circuit

Dependent on the electrode arrangement selected, two- or three-terminal measurements shall be carried out (see Figure 4).

For annular electrodes (electrode arrangement C) and line electrode arrangement E a three-terminal test circuit is necessary as a grounded protective electrode is mandatory.

For any other line electrode arrangement (A, B and D), a two-terminal test circuit shall be used.



IEC

Key

- a) voltage source
- b) voltmeter
- c) ammeter
- d) electrode 1
- e) electrode 2 (shielded electrode)
- f) electrode 3 (protective electrode)
- g) specimen

Figure 4 – Connection diagram of measurement with two- and three-terminal electrode arrangements

5.5 Calibration

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

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

5.6 Test specimen

5.6.1 Recommended dimensions of test specimen and electrode arrangements

The specimen's dimensions need be sufficient to apply the selected electrode arrangement. Recommendations for products are given in Annex A.

5.6.2 Manufacturing of test specimen

The production and shape of the test specimen shall be determined by the relevant standards for the material. During removal and production of the specimen, the condition of the material shall not be changed and the specimen removed 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 specimen shall have a geometrically simple shape (plate with parallel measuring areas, cylinder etc.).

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

5.6.3 Number of test specimen

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

5.6.4 Application of electrodes

When using adhesive electrodes (electrode arrangements B, C, D and E), care shall be taken, that a proper contact is provided over the whole area covered by the electrode. The electrode material used shall – after an appropriate time of conditioning – not influence the measured values for surface resistance.

NOTE Conductive silver paint and suspensions of graphite have been found appropriate.

5.6.5 Conditioning and pre-treatment of test specimen

Conditioning and any other pre-treatment of the test specimen shall be carried out according to the relevant product standard.

If no product standard exists, conditioning shall be realised for at least 4 days at 23 °C and 50 % RH according to IEC 60212 (standard climate B).

If not otherwise stipulated, no cleaning of the test specimen shall be done. Any additional contamination shall be avoided.

5.7 Test procedure

Unless otherwise agreed, the measurement shall be conducted in normal air at 23 °C and 50 % RH according to IEC 60212 (standard climate B).

The specimen shall be conditioned and pre-treated according to 5.6.5. Immediately after the treatment, the electrodes shall be connected with the measuring device.

Subsequently, but no more than 2 min after finishing the conditioning or pre-treatment, the surface resistance R_S shall be determined between the electrodes. If not otherwise stipulated, it shall be measured 1 min after voltage application.

6 Evaluation

6.1 For electrode arrangements A, B, D, and E

The measured value R_S for the respective surface resistance R_{SA} , R_{SB} , R_{SD} and R_{SE} between electrodes 1 and 2 shall be specified in Ω .

For electrode arrangements A, B, D and E, surface resistivity σ can be calculated in Ω according to Equation (1) from the measured resistance R_S and electrode dimensions.

It is also possible to calculate surface resistivity even with dimensions deviating from those defined in 5.3.4, 5.3.5, 5.3.7 and 5.3.8.

$$\sigma_Y = \frac{l}{g} \cdot R_{SY} \quad (1)$$

where

l is the length of line electrodes

g is the distance between the lines (gap)

and

Y reading A, B, D or E.

As the individual surface resistances are dependent on the electrode and are therefore not comparable with each other, the type of electrode arrangement shall be specified with the measured value to permit a statement.

6.2 For electrode arrangement C

The surface resistance R_{SC} between electrodes 1 and 2 with earthed electrode 3 shall be specified in Ω .

The surface resistivity σ_C can be calculated in Ω according to Equation (2) from the measured resistance R_{SC} and electrode dimensions (see Figure 3).

$$\sigma_C = \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \cdot \pi \cdot R_{SC} \quad (2)$$

where

d_1 is the outer diameter of the inner electrode

d_2 is the inner diameter of the ring electrode

7 Test report

The report shall include the following:

- electrode arrangement and electrode dimensions;
- complete identification and description of the material tested, including source and manufacturer's code;
- shape and thickness of test specimen;
- 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 surface resistance and surface resistivity, respectively;
- ambient conditions during testing;
- any other important observations if applicable.

8 Repeatability and reproducibility

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

The repeatability is between 20 % and 50 %.

Annex A (informative)

Specimen dimensions and electrode arrangement

Specimen dimensions and electrode arrangement are given in Table A.1.

For materials which are not available in flat sheets the electrode arrangement should be agreed between supplier and customer.

**Table A.1 – Recommended test specimen dimensions
and electrode arrangements for specific products**

Type of product	Recommended electrode arrangement	Remarks	Recommended dimensions of test specimen
Thermoplastic moulding compounds	E, C	See ISO 10350-1	$\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$
Thermosetting moulding compounds	A, E, C	See ISO 14526, ISO 14527, ISO 14528, ISO 14529, ISO 14530, ISO 15252	$\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$ $\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm}$
Long fibre, reinforced polyester and vinyl ester moulding compounds (SMC BMC)	A, C	EN 14598 ISO 10350-2	$\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm}$
Epoxy based sheets and laminates	A, C	IEC 60893-2	
Pipes, bars and rods	B, D	IEC 61212-2 IEC 62011-2	
Elastomeric materials	B		

Bibliography

IEC 60050-121, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60893-2, *Industrial rigid laminated sheets based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

IEC 61212-2, *Insulating materials - Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

IEC 62011-2, *Insulating materials - Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

ISO 10350 (all parts), *Plastics – Acquisition and presentation of comparable single-point data*

ISO 10350-1, *Plastics – Acquisition and presentation of comparable single-point data – Part 1: Moulding materials*

ISO 10350-2, *Plastics – Acquisition and presentation of comparable single-point data – Part 2: Long-fibre-reinforced plastics*

ISO 14526 (all parts), *Plastics – Phenolic powder moulding compounds (PF-PMCs)*

ISO 14527 (all parts), *Plastics – Urea-formaldehyde and urea/melamine-formaldehyde powder moulding compounds (UF- and UF/MF-PMCs)*

ISO 14528 (all parts), *Plastics – Melamine-formaldehyde powder moulding compounds (MF-PMCs)*

ISO 14529 (all parts), *Plastics – Melamine/phenolic powder moulding compounds (MP-PMCs)*

ISO 14530 (all parts), *Plastics – Unsaturated-polyester powder moulding compounds (UP-PMCs)*

ISO 15252 (all parts), *Plastics – Epoxy powder moulding compounds (EP-PMCs)*

EN 14598 (all parts), *Reinforced thermosetting moulding compounds – Specification for Sheet Moulding Compound (SMC) and Bulk Moulding Compound (BMC)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
4 Signification.....	23
5 Méthode d'essai	23
5.1 Généralités	23
5.2 Tension.....	24
5.3 Appareillage.....	24
5.3.1 Généralités	24
5.3.2 Précision	24
5.3.3 Source de tension.....	24
5.3.4 Arrangement d'électrodes A – Electrodes à ressort.....	25
5.3.5 Arrangement d'électrodes B – Electrodes en forme de petites lignes	26
5.3.6 Arrangement d'électrodes C – Electrodes annulaires	26
5.3.7 Arrangement d'électrodes D – Electrodes en forme de lignes	27
5.3.8 Arrangement d'électrodes E – Electrodes en forme de lignes pour petites plaques	28
5.4 Circuit d'essai	28
5.5 Étalonnage	29
5.6 Spécimens d'essai	29
5.6.1 Dimensions recommandées pour les spécimens d'essai et les arrangements d'électrodes.....	29
5.6.2 Fabrication des spécimens d'essai.....	29
5.6.3 Nombre de spécimens d'essai	30
5.6.4 Application d'électrodes.....	30
5.6.5 Conditionnement et prétraitement des spécimens d'essai	30
5.7 Procédure d'essai	30
6 Evaluation	30
6.1 Pour les arrangements d'électrodes A, B, D et E.....	30
6.2 Pour l'arrangement d'électrodes C	31
7 Rapport d'essai	31
8 Répétabilité et reproductibilité	32
Annexe A (informative) Dimensions des spécimens et arrangement d'électrodes	33
Bibliographie.....	34
Figure 1 – Arrangement d'électrode A (exemple)	25
Figure 2 – Electrode collectrice pour l'arrangement d'électrodes B.....	26
Figure 3 – Arrangement d'électrodes C	27
Figure 4 – Schéma de connexion d'une mesure pour des arrangements d'électrodes à deux et à trois bornes	29
Tableau 1 – Dimensions typiques d'électrodes pour l'arrangement d'électrodes C	27
Tableau A.1 – Dimensions de spécimens d'essai recommandées et arrangements d'électrodes pour des produits spécifiques.....	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES ET RÉSISTIVES
DES MATÉRIAUX ISOLANTS SOLIDES –****Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives
(méthodes en courant continu) –
Résistance superficielle et résistivité superficielle**

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 62631-3-2 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 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 60093 parue en 1980 dont elle 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 tant au plan rédactionnel que technique et insérée dans la nouvelle série IEC 62631;

- b) les méthodes d'essai ont été adaptées à l'état actuel de la technique;
- c) les résistances et les résistivités transversales et superficielles sont maintenant séparées et font l'objet de deux parties, l'IEC 62631-3-1 et l'IEC 62631-3-2, respectivement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
112/340/FDIS	112/351/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 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62631 couvre des méthodes d'essai pour déterminer la résistance superficielle et la résistivité superficielle 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 62631-3-1, *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

IEC 62631-3-3, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-3: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance d'isolement*¹

3 Termes et définitions

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

3.1

arrangement d'électrodes

corps électriquement conducteurs placés sur la surface d'un spécimen d'essai

Note 1 à l'article: Il convient que l'arrangement d'électrodes inclue des procédures afin d'assurer un contact suffisant avec la surface (par exemple au moyen d'une peinture conductrice) et/ou l'utilisation d'un système mécanique approprié appliquant la force de contact nécessaire sur la surface du spécimen d'essai.

3.1.1

électrodes à ressort

système d'électrodes en forme de lignes utilisant deux lignes parallèles de lames conductrices flexibles à bords nets et espacées

¹ A publier.

3.1.2

électrodes en forme de lignes

arrangement d'électrodes constitué de deux lignes parallèles, espacées et appliquées sur la surface du spécimen d'essai à l'aide d'un matériau conducteur

3.1.3

électrodes annulaires

électrode plane circulaire centrale entourée d'une électrode en anneau espacées l'une de l'autre

Note 1 à l'article: Les systèmes d'électrodes gardées décrits dans l'IEC 62631-3-1 ont une forme semblable. Dans le cas de la résistance superficielle, l'électrode en anneau ne présente pas la fonction de garde. Toutefois, la fonction de garde est assurée par l'électrode opposée.

3.2

résistance mesurée

rapport entre une tension continue appliquée à un arrangement d'électrodes en contact avec un spécimen d'essai et le courant traversant les électrodes mesuré avec une précision suffisante

Note 1 à l'article: Un arrangement d'électrodes à trois bornes peut être utilisé pour exclure les courants indésirables traversant le volume à partir de la détermination de la résistance mesurée.

Note 2 à l'article: Un pont de Wheatstone peut également être utilisé pour comparer la résistance mesurée à une résistance normalisée. Toutefois, les ponts de Wheatstone ne sont plus couramment utilisés.

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 superficielle 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

résistance superficielle

R_S

résistance mesurée entre n'importe quel arrangement d'électrodes défini par la présente norme

Note 1 à l'article: En fonction de l'arrangement d'électrodes utilisé, elle s'appelle R_{SA} , R_{SB} , R_{SC} , R_{SD} ou R_{SE} , où la résistance superficielle R_S s'exprime en Ω .

Note 2 à l'article: Une partie indéterminable de la résistance à l'intérieur du matériau est également incluse dans la résistance superficielle pendant la mesure de cette résistance.

3.4

résistance superficielle entre des électrodes à ressort

R_{SA}

résistance mesurée entre des électrodes à ressort

3.5

résistance superficielle entre des électrodes en forme de petites lignes

R_{SB}

résistance mesurée entre des électrodes en forme de petites lignes

3.6

résistance superficielle entre des électrodes annulaires

R_{SC}

résistance mesurée entre la surface circulaire intérieure d'un système d'électrodes annulaires et l'électrode en anneau extérieure

3.7

résistance superficielle entre des électrodes en forme de lignes

R_{SD}

résistance mesurée entre des électrodes en forme de lignes

3.8

résistance superficielle entre des électrodes en forme de lignes pour petites plaques

R_{SE}

résistance mesurée entre des électrodes en forme de lignes pour petites plaques

3.9

résistivité superficielle

σ

résistance superficielle R_{SA} , R_{SB} , R_{SC} , R_{SD} ou R_{SE} ramenée à une surface de forme carrée, exprimée sous la forme σ_A , σ_B , σ_C , σ_D et σ_E respectivement

Note 1 à l'article: Les résistivités superficielles σ_C , σ_D et σ_E s'expriment en Ω .

Note 2 à l'article: La résistivité superficielle s'exprime également souvent en " Ω par carré", unité non normalisée, pour indiquer que les dimensions de l'électrode ont été prises en compte en calculant la valeur spécifique.

Note 3 à l'article: Elle peut être comparée pour des matériaux uniquement si des électrodes de dimensions identiques sont utilisées. Les dimensions recommandées sont données en 5.3.

4 Signification

Les matériaux isolants sont généralement utilisés pour isoler électriquement les composants d'un système électrique les uns par rapport aux autres et par rapport à la terre. Des matériaux isolants solides peuvent 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 cohérentes.

Comme la résistance transversale, la résistance superficielle fait partie de la résistance d'isolement.

La résistance d'isolement doit être déterminée conformément à l'IEC 62631-3-3 et la résistance transversale conformément à l'IEC 62631-3-1.

La résistance superficielle fournit des informations sur les résistances électriques sur la surface des matériaux et des produits. La résistance superficielle permet également de contrôler les variations de la résistance par des effets externes. Toutefois, la résistance superficielle, pour sa majeure partie, ne constitue pas une propriété des matériaux. La résistance superficielle dépend principalement des paramètres de traitement, des conditions environnementales, des phénomènes de vieillissement de la surface, de la pollution, etc.

En fonction de l'application spécifique, différents arrangements d'électrodes peuvent être préférables.

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.

Différents types d'électrodes peuvent être utilisés en fonction des mesures spécifiques ou des besoins du produit. Par exemple, une électrode en forme de petites lignes peut être

avantageuse sur des surfaces incurvées. Les électrodes à ressort permettent de réaliser des mesures avec moins de contraintes sur les produits et elles sont les mieux adaptées aux matériaux conditionnés avant l'essai. Sauf indication contraire dans une norme de produit, l'arrangement d'électrodes doit être choisi en tenant compte de l'application typique.

Si des spécimens d'essai sont constitués de matériaux (par exemple du caoutchouc tendre) dont les dimensions varient de manière significative lorsque les électrodes leur appliquent une force, ces électrodes ne sont pas applicables et un autre arrangement doit être utilisé.

En l'absence d'informations sur l'application, il est recommandé d'utiliser des électrodes en forme de petites lignes (R_{SB}).

5.2 Tension

La tension de mesure différentielle doit être

10 V, 100 V, 500 V, 1 000 V et 10 000 V.

D'autres tensions peuvent être applicables. Sauf indication contraire, une tension de 100 V doit être utilisée.

NOTE 1 Des décharges partielles peuvent conduire à des mesures erronées lorsqu'une tension d'apparition spécifique est dépassée. Dans l'air, aucune décharge partielle ne se produit en dessous de 340 V.

NOTE 2 L'ondulation de la source de tension est importante. Une valeur typique pour 100 V est $<5 \times 10^{-5}$ crête à crête.

5.3 Appareillage

5.3.1 Généralités

Il convient de veiller à ce que la résistance superficielle ne soit pas perturbée par des résistances parasites parallèles à l'arrangement d'électrodes, par exemple la résistance des supports d'essai ou de l'isolation des câbles.

Pour éviter les erreurs de mesure sur des résistances supérieures à $10^{10} \Omega$ des câbles blindés et des armoires de mesure blindées doivent être utilisés.

Différents arrangements d'électrodes peuvent être utilisés pour déterminer la résistance superficielle et la résistivité superficielle. L'évaluation de la résistivité superficielle dépend de l'arrangement d'électrodes sélectionné.

5.3.2 Précision

Tout appareil approprié peut être utilisé. Le dispositif de mesure doit permettre de déterminer la résistance inconnue avec une précision d'au moins

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

5.3.3 Source de tension

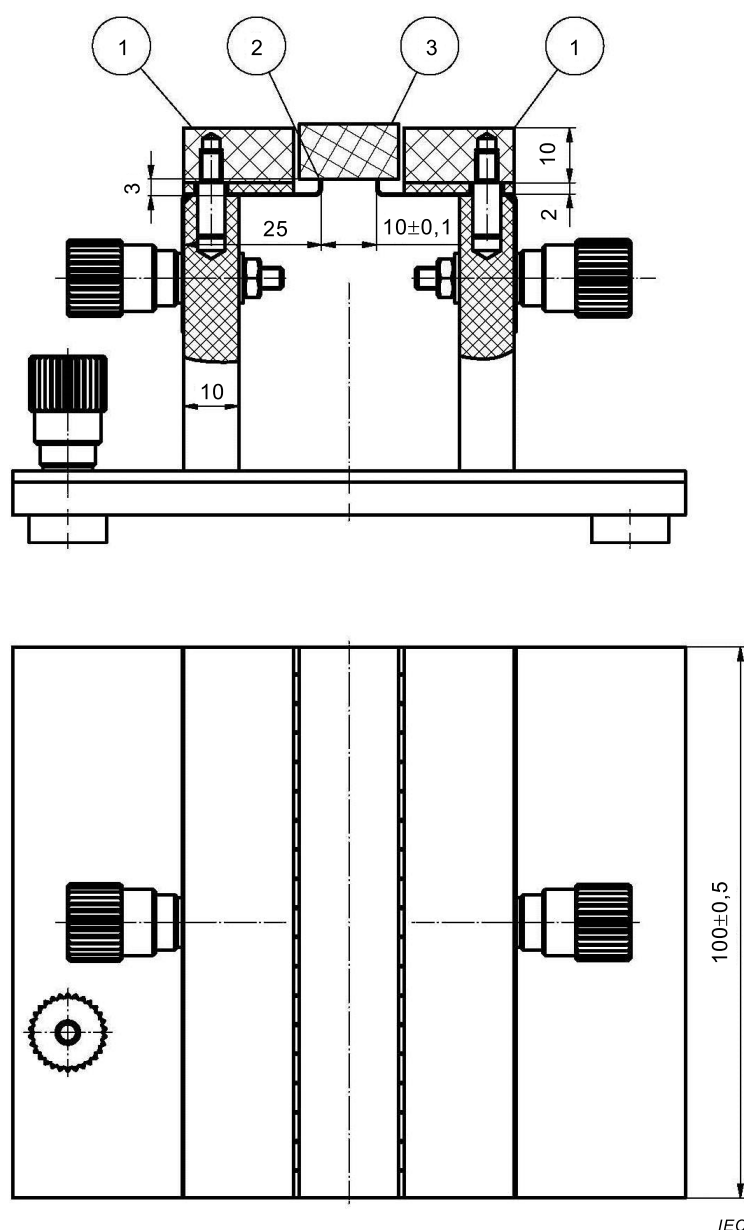
Une source de tension continue très stable est exigée. Cette condition peut être obtenue soit par l'utilisation de piles, soit par une alimentation redressée et stabilisée. Le degré de stabilité exigé est tel que la variation de courant liée aux variations de tension reste négligeable par rapport au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

5.3.4 Arrangement d'électrodes A – Electrodes à ressort

L'arrangement d'électrodes A doit être constitué de deux bords métalliques tranchants flexibles, de longueur 100 mm et espacés d'une distance 10 mm, comme cela est représenté à la Figure 1.

Aucune électrode de garde n'est utilisée. Les bords métalliques tranchants doivent être constitués de lames flexibles individuelles placées les unes à côté des autres, espacées d'environ 0,3 mm, longues de 5 mm et épaisses de 0,3 mm. La force de contact doit être suffisamment élevée pour que toutes les lames ou tous les segments reposent sur la surface du spécimen d'essai, sans l'endommager.

Il convient d'utiliser une pièce de métal fortement isolante à l'endroit du contact avec le spécimen pour exercer la force de contact.



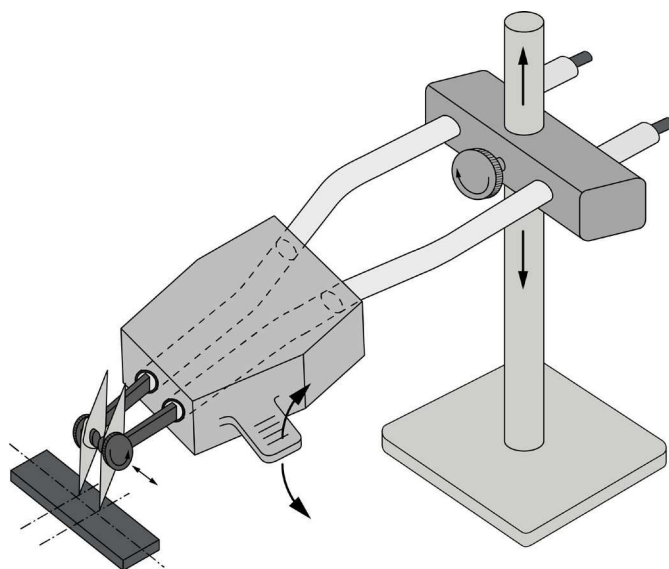
Légende

- 1 barre de guidage (amovible)
- 2 bords métalliques tranchants
- 3 spécimen

Figure 1 – Arrangement d'électrode A (exemple)

5.3.5 Arrangement d'électrodes B – Electrodes en forme de petites lignes

L'arrangement d'électrodes B doit être constitué de deux électrodes en forme de lignes adhérentes. Aucune électrode de garde n'est utilisée. Pour cela, deux lignes de largeur 1,5 mm, de longueur 25 mm, et espacées d'une distance de 2 mm, doivent être utilisées, par exemple des lignes faites d'argent conducteur. Elles doivent être appliquées avant le conditionnement. Le contact avec les lignes doit être réalisé par un arrangement d'électrodes collectrices à deux bornes auxquelles sont attachées des lames conductrices (voir Figure 2).

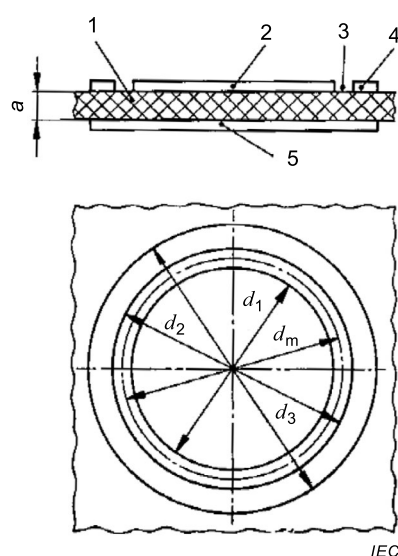


IEC

Figure 2 – Electrode collectrice pour l'arrangement d'électrodes B

5.3.6 Arrangement d'électrodes C – Electrodes annulaires

L'arrangement d'électrodes C est constitué d'un système d'électrodes à trois bornes, comme cela est représenté à la Figure 3. Les électrodes annulaires sont appliquées sur un côté du spécimen d'essai. La surface opposée du spécimen d'essai doit être couverte par une électrode de garde, de taille au moins égale à la surface couverte par les électrodes correspondantes. Des électrodes adhérentes peuvent être appliquées avant le conditionnement (voir 5.6.3).

**Légende**

- 1 spécimen
- 2 électrode 1
- 3 zone de mesure
- 4 électrode 2
- 5 électrode 3 (électrode de garde)

Figure 3 – Arrangement d'électrodes C

Sauf indication contraire, n'importe quelle dimension d'électrode peut être utilisée. Des dimensions typiques d'électrodes sont données dans le Tableau 1. Pour les essais de comparaison, l'arrangement d'électrodes C1 est recommandé.

Tableau 1 – Dimensions typiques d'électrodes pour l'arrangement d'électrodes C

	d_1 in mm	d_2 in mm	d_3 in mm
C1	50	60	80
C2	76	88	100
C3	25	38	50

Avec l'arrangement d'électrodes C, la résistance superficielle doit être mesurée entre l'électrode 1 et l'électrode 2. L'électrode 3 doit être reliée à la terre.

Dans le cas de matériaux de conductivité limitée et occasionnellement de films d'épaisseur inférieure ou égale à 10 μm , il doit être noté que la résistance d'entrée de l'ampèremètre est très inférieure à la résistance transversale du spécimen d'essai.

5.3.7 Arrangement d'électrodes D – Electrodes en forme de lignes

L'arrangement d'électrodes D doit être constitué de deux électrodes en forme de lignes adhérentes. Aucune électrode de garde n'est utilisée. Les dimensions des électrodes sont conformes à l'arrangement d'électrodes A en ce qui concerne la longueur des électrodes et la distance entre les électrodes. Aucune électrode de garde n'est utilisée.

Pour cela, deux lignes parallèles de largeur 1,5 mm, de longueur (100 ± 1) mm et espacées d'une distance de $(10 \pm 0,5)$ mm doivent être utilisées, par exemple des lignes faites d'argent conducteur. Elles peuvent être appliquées avant le traitement. Le contact avec les lignes doit être réalisé par un arrangement d'électrodes collectrices à deux bornes auxquelles sont attachées des lames conductrices (voir Figure 2).

5.3.8 Arrangement d'électrodes E – Electrodes en forme de lignes pour petites plaques

L'arrangement d'électrodes E est un système d'électrodes en forme de lignes à trois bornes. Pour cela, deux lignes parallèles de largeur comprise entre 1 mm et 2 mm, de longueur (50 ± 1) mm et espacées d'une distance de $(5 \pm 0,5)$ mm doivent être utilisées, par exemple des lignes faites d'argent conducteur.

La surface opposée du spécimen d'essai doit être couverte par une électrode de garde, de taille au moins égale à la surface couverte par les électrodes correspondantes. Les électrodes peuvent être appliquées avant le conditionnement du spécimen d'essai. Le contact avec les lignes doit être réalisé par un arrangement d'électrodes collectrices à trois bornes (voir Figure 4b).

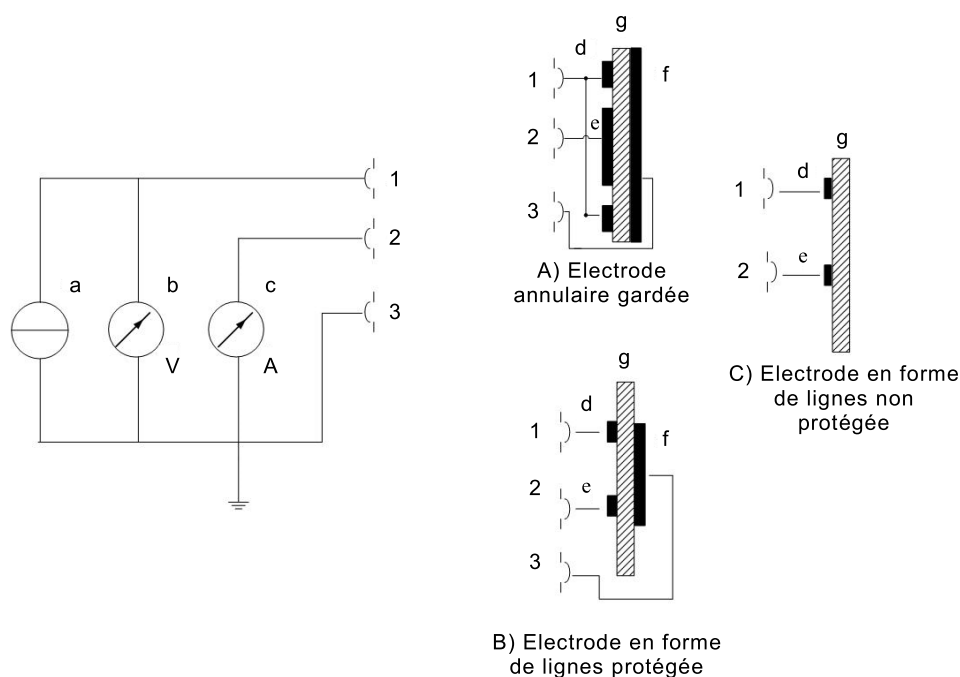
NOTE L'arrangement d'électrodes E est préférable lorsque de petites plaques (≥ 60 mm $\times$ ≥ 60 mm) conformes à l'ISO 10350 sont utilisées.

5.4 Circuit d'essai

En fonction de l'arrangement d'électrodes sélectionné, des mesures à deux ou à trois bornes doivent être réalisées (voir Figure 4).

Dans le cas des électrodes annulaires (arrangement d'électrodes C) et l'arrangement d'électrodes en forme de lignes E, un circuit d'essai à trois bornes est nécessaire parce qu'une électrode de protection reliée à la terre est obligatoire.

Pour tous les autres arrangements d'électrodes en forme de lignes (A, B et D), un circuit d'essai à deux bornes doit être utilisé.



Légende

- a) source de tension
- b) voltmètre
- c) ampèremètre
- d) électrode 1
- e) électrode 2 (électrode blindée)
- f) électrode 3 (électrode de protection)
- g) spécimen

Figure 4 – Schéma de connexion d'une mesure pour des arrangements d'électrodes à deux et à trois bornes

5.5 Étalonnage

L'appareil doit être étalonné pour la grandeur de la résistance superficielle mesurée.

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

5.6 Spécimens d'essai

5.6.1 Dimensions recommandées pour les spécimens d'essai et les arrangements d'électrodes

Les dimensions des spécimens doivent être suffisantes pour appliquer l'arrangement d'électrodes choisi. Des recommandations pour les produits sont données à l'Annexe A.

5.6.2 Fabrication des spécimens d'essai

La production et la forme des spécimens d'essai doivent être déterminées par les normes applicables au matériau. Pendant la production et le retrait des spécimens, l'état du matériau ne doit pas varier et les spécimens retirés ne doivent pas être endommagés.

IEC

Si la surface des spécimens d'essai est usinée au niveau des zones de contact des électrodes, le type d'usinage doit être spécifié dans le rapport d'essai. Les spécimens d'essai doivent être de forme géométrique simple (par exemple un cylindre, une plaque avec des zones de mesure parallèles, etc.).

Si possible, l'épaisseur des spécimens de produits doit être celle du produit.

5.6.3 Nombre de spécimens d'essai

Le nombre de spécimens à soumettre aux essais doit être déterminé par les normes de produits applicables. Si de telles données ne sont pas disponibles, au moins trois spécimens doivent être soumis aux essais.

5.6.4 Application d'électrodes

Lorsque des électrodes adhérentes sont utilisées (arrangements d'électrodes B, C, D et E), la qualité du contact sur l'ensemble de la zone couverte par l'électrode doit faire l'objet d'une attention particulière. Le matériau utilisé pour fabriquer les électrodes ne doit pas avoir d'influence sur les valeurs mesurées de la résistance superficielle (après un temps de conditionnement approprié).

NOTE Une peinture conductrice à l'argent et des suspensions de graphite est une solution appropriée.

5.6.5 Conditionnement et prétraitement des spécimens d'essai

Le conditionnement et tout autre prétraitement des spécimens d'essai doivent être réalisés conformément à la norme de produit applicable.

En l'absence de norme de produit, le conditionnement doit être réalisé pendant au moins 4 jours à une température de 23 °C et une humidité relative de 50 % conformément à l'IEC 60212 (climat normalisé B).

Sauf indication contraire, le spécimen d'essai ne doit pas être nettoyé. Toute contamination doit être évitée.

5.7 Procédure d'essai

Sauf accord contraire, la mesure doit être réalisée à l'air ambiant, à une température de 23 °C et une humidité relative de 50 % conformément à l'IEC 60212 (climat normalisé B).

Le spécimen doit être conditionné et prétraité conformément à 5.6.5. Immédiatement après le traitement, les électrodes doivent être raccordées au dispositif de mesure.

Ensuite, mais pas plus de 2 min après la fin du conditionnement ou du prétraitement, la résistance superficielle R_S doit être déterminée entre les électrodes. Sauf indication contraire, elle doit être mesurée 1 min après l'application de la tension.

6 Evaluation

6.1 Pour les arrangements d'électrodes A, B, D et E

La valeur R_S mesurée pour les résistances superficielles respectives R_{SA} , R_{SB} , R_{SD} et R_{SE} entre les électrodes 1 et 2 doivent être spécifiées en Ω .

Pour les arrangements d'électrodes A, B, D et E, la résistivité superficielle σ peut être calculée en Ω conformément à l'Equation (1) à partir de la résistance R_S mesurée et des dimensions des électrodes.

Il est également possible de calculer la résistivité superficielle lorsque les dimensions varient par rapport à celles définies en 5.3.4, 5.3.5, 5.3.7 et 5.3.8.

$$\sigma_Y = \frac{l}{g} \cdot R_{SY} \quad (1)$$

où

l est la longueur des électrodes en forme de lignes

g est la distance entre les lignes (espacement)

Y étant A, B, D ou E.

Puisque les résistances superficielles individuelles dépendent de l'électrode et ne peuvent donc pas être comparées les unes aux autres, le type d'arrangement d'électrodes doit être spécifié avec la valeur mesurée pour établir une règle.

6.2 Pour l'arrangement d'électrodes C

La résistance superficielle R_{SC} entre les électrodes 1 et 2 avec l'électrode 3 reliée à la terre, doit être spécifiée en Ω .

La résistivité superficielle σ_C peut être calculée en Ω conformément à l'Equation (2) à partir de la résistance mesurée R_{SC} et des dimensions des électrodes (voir Figure 3).

$$\sigma_C = \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \cdot \pi \cdot R_{SC} \quad (2)$$

où

d_1 est le diamètre extérieur de l'électrode intérieure

d_2 est le diamètre intérieur de l'électrode en anneau

7 Rapport d'essai

Le rapport doit comporter les éléments suivants:

- arrangement d'électrodes et dimensions des électrodes;
- identification complète et description du matériau soumis aux essais, y compris la source et le code du fabricant;
- forme et épaisseur des spécimens d'essai;
- tension d'essai;
- précision de l'instrument et méthode d'étalonnage, en fonction des valeurs de résistance mesurées si nécessaire;
- conditions de cuisson du matériau et tout prétraitement;
- conditionnement des échantillons et conditions climatiques des essais;
- description du montage d'essai et instrument utilisé pour les essais;
- nombre d'échantillons;
- date des essais;
- chaque valeur individuelle et la valeur médiane de la résistance superficielle et de la résistivité superficielle, respectivement;
- conditions ambiantes pendant les essais;

- toutes les informations jugées importantes, le cas échéant.

8 Répétabilité et reproductibilité

Les mesures de la résistance superficielle et de la résistivité superficielle dépendent de nombreux facteurs. L'expérience a montré que la reproductibilité se situe dans une plage supérieure à 50 % (de la valeur mesurée).

La répétabilité est comprise entre 20 % et 50 %.

Annexe A (informative)

Dimensions des spécimens et arrangement d'électrodes

Les dimensions des spécimens et arrangement d'électrodes sont donnés au Tableau A.1.

Pour les matériaux non disponibles sous forme de feuilles plates, il convient que l'arrangement d'électrodes fasse l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client.

**Tableau A.1 – Dimensions de spécimens d'essai recommandées
et arrangements d'électrodes pour des produits spécifiques**

Type de produit	Arrangement d'électrodes recommandé	Remarques	Dimensions recommandées du spécimen d'essai
Mélanges de moulage thermoplastiques	E, C	Voir ISO 10350-1	$\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$
Mélanges de moulage thermodurcissables	A, E, C	Voir ISO 14526, ISO 14527, ISO 14528, ISO 14529, ISO 14530, ISO 15252	$\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$ $\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm}$
Matériaux de moulage à base d'éther vinylique ou de polyester renforcés par des fibres de verre (SMC BMC)	A, C	EN 14598 ISO 10350-2	$\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm}$
Feuilles et stratifiés à base d'époxy	A, C	IEC 60893-2	
Tubes, barres et tiges	B, D	IEC 61212-2 IEC 62011-2	
Matériaux élastomères	B		

Bibliographie

IEC 60050-121, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 121: Electromagnétisme*

IEC 60893-2, *Stratifiés industriels rigides en plaques à base de résines thermodurcissables à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 61212-2, *Matériaux isolants - Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 62011-2, *Matériaux isolants - Tubes et barres industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

ISO 10350, (toutes les parties), *Plastiques – Acquisition et présentation de caractéristiques intrinsèques comparables*

ISO 10350-1, *Plastiques – Acquisition et présentation de caractéristiques intrinsèques comparables – Partie 1: Matériaux pour moulage*

ISO 10350-2, *Plastiques – Acquisition et présentation de caractéristiques intrinsèques comparables – Partie 2: Plastiques renforcés par de longues fibres*

ISO 14526 (toutes les parties), *Plastiques – Poudres à mouler phénoliques (PF-PMC)*

ISO 14527 (toutes les parties), *Plastiques – Poudres à mouler à base d'urée-formaldéhyde et d'urée/méla mine-formaldéhyde (UF- et UF/MF-PMC)*

ISO 14528 (toutes les parties), *Plastiques – Poudres à mouler à base de méla mine-formaldéhyde (MF-PMC)*

ISO 14529 (toutes les parties), *Plastiques – Poudres à mouler à base de méla mine/phénol (MP-PMC)*

ISO 14530 (toutes les parties), *Plastiques – Poudres à mouler à base de polyester non saturé (UP-PMC)*

ISO 15252 (toutes les parties), *Plastiques – Poudres à mouler à base d'époxydes (EP-PMC)*

EN 14598 (all parts), *Mélanges à mouler thermodurcissables renforcés – Spécification pour mats préimprégnés (SMC) et mélanges à mouler en masse (BMC)*

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