

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Electrostatics –**

**Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation**

**Électrostatique –**

**Partie 2-3: Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux solides destinés à éviter les charges électrostatiques**



**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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:csc@iec.ch).

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

## Electrostatics –

**Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation**

## Électrostatique –

**Partie 2-3: Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux solides destinés à éviter les charges électrostatiques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 17.220.99; 29.020

ISBN 978-2-8322-3475-4

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

## CONTENTS

FOREWORD .....	4
INTRODUCTION .....	6
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
4 Conditioning and test environment .....	9
5 Selection of test method .....	9
6 Resistance measurements for solid conductive materials .....	10
7 Resistance measurements for solid insulating materials .....	10
8 Resistance measurements for planar electrostatic dissipative materials (used to avoid electrostatic charge accumulation).....	10
8.1 Instrumentation .....	10
8.1.1 General.....	10
8.1.2 Instrumentation for laboratory evaluation .....	10
8.1.3 Instrumentation for acceptance testing .....	10
8.1.4 Instrumentation for compliance verification (periodic testing) .....	11
8.2 Electrode assemblies .....	11
8.2.1 General.....	11
8.2.2 Assembly for the measurement of surface resistance.....	11
8.2.3 Assembly for the measurement of volume resistance .....	12
8.2.4 Assembly for the measurement of resistance to ground/groundable point and point-to-point resistance .....	12
8.2.5 Test support.....	13
8.3 Sample preparation and handling .....	13
8.4 Test procedures .....	14
8.4.1 Surface resistance measurements .....	14
8.4.2 Volume resistance measurements .....	14
8.4.3 Resistance to groundable point measurements .....	15
8.4.4 Point-to-point resistance measurements .....	16
9 Conversion to resistivity values.....	17
9.1 Surface resistivity $\rho_S$ .....	17
9.2 Volume resistivity $\rho_V$ .....	17
10 Resistance measurements for non-planar materials and products with small structures .....	18
10.1 General considerations .....	18
10.2 Equipment .....	18
10.2.1 Probe.....	18
10.2.2 Sample support surface .....	20
10.2.3 Resistance measurement apparatus.....	20
10.2.4 Test leads.....	21
10.3 Test procedure.....	22
11 Repeatability and reproducibility .....	22
12 Test report .....	23
Annex A (normative) System verification .....	25
A.1 System verification for surface resistance measurements .....	25

A.1.1	Fixture and procedure for lower resistance range .....	25
A.1.2	Fixture and procedure for upper resistance range and determination of electrification period.....	26
A.2	System verification for volume resistance measurements .....	27
A.2.1	Fixture and procedure for lower resistance range .....	27
A.2.2	Fixture and procedure for upper resistance range and determination of electrification period.....	27
A.3	System verification for resistance measurements for non-planar materials and products with small structures .....	27
A.3.1	Verification fixtures .....	27
A.3.2	Verification procedure .....	28
Figure 1	– Example of an assembly for the measurement of surface and volume resistance.....	12
Figure 2	– Example of an assembly for the measurement of resistance to ground/groundable point and point-to-point resistance .....	13
Figure 3	– Basic connections of the electrodes for surface resistance measurements .....	14
Figure 4	– Basic connections of the electrodes for volume resistance measurements .....	15
Figure 5	– Principle of resistance to groundable point measurements .....	16
Figure 6	– Principle of point-to-point measurements .....	17
Figure 7	– Configuration for the conversion to surface or volume resistivity .....	18
Figure 8	– Two-point probe configuration .....	20
Figure 9	– Probe to instrumentation connection.....	21
Figure 10	– Spring compression for measurement.....	22
Figure A.1	– Lower resistance range verification fixture for surface resistance measurements.....	25
Figure A.2	– Upper resistance range verification fixture for surface resistance measurements.....	26
Figure A.3	– Resistance verification fixture .....	28
Table 1	– Material for two-point probe .....	19

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ELECTROSTATICS –

### **Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation**

#### 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 61340-2-3 has been prepared by IEC technical committee 101: Electrostatics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2000. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) a distinction has been introduced between instrumentation used for laboratory evaluations, instrumentation used for acceptance testing and instrumentation used for compliance verification (periodic testing);

- b) an alternative electrode assembly is described, which can be used on non-planar products or when the dimensions of the product under test are too small to allow the larger electrode assembly to be used;
- c) the formulae for calculating surface and volume resistivity have been modified to correspond with common industry practice in the main areas of application for the IEC 61340 series.

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

CDV	Report on voting
101/470/CDV	101/494/RVC

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 the parts in the IEC 61340 series, published under the general title *Electrostatics*, 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.

## INTRODUCTION

Measurements of resistances and related calculations of resistivities belong to the fundamental objectives of electrical measuring techniques along with measurements of voltage and current.

Resistivity is the electrical characteristic having the widest range, extending over some thirty orders of magnitude from the most conductive metal to almost perfect insulators.

The basis is Ohm's law and is valid for DC current and instantaneous values of AC current in electron conductors (metals, carbon, etc.). Values of resistance measurements using AC current can be influenced by capacitive/inductive reactance, depending on the frequency. Thus, existing national and international standards dealing with resistance measurements of solid materials normally require the application of DC current.

Most non-metal materials such as plastics are classified as polymers and ion conductors. The transport of charges can be dependent upon the applied electrical field strength during the measurement. Beside the measuring current, there exists a charging current that polarizes and/or electrostatically charges the material, indicated by an asymptotic decay of the measuring current with time and causing an apparent change in resistance. If this effect is observed, it will be advisable to repeat the measurement immediately after a definite electrification time has elapsed using the reverse polarity for the measuring current and averaging both obtained values.

## ELECTROSTATICS –

### Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation

#### 1 Scope

This part of IEC 61340 describes test methods for the determination of the electrical resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation, in which the measured resistance is in the range  $10^4 \Omega$  to  $10^{12} \Omega$ .

It takes account of existing IEC/ISO standards and other published information, and gives recommendations and guidelines on the appropriate method.

#### 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 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*

IEC 62631-3-2, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-2: Determination of resistive properties (DC Methods) – Surface resistance and surface resistivity*

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

ISO 1853, *Conducting and dissipative rubbers, vulcanized or thermoplastic – Measurement of resistivity*

ISO 2951, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of insulation resistance*

ISO 3915, *Plastics – Measurement of resistivity of conductive plastics*

ISO 7619-1, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of indentation hardness – Part 1: Durometer method (Shore hardness)*

#### 3 Terms and definitions

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

##### 3.1

##### **electrode**

conductor of defined shape, size and configuration being in contact with the specimen to be measured

### **3.2 resistance**

$R$

ratio of a DC voltage (V) applied between two points and the steady-state current (A) between the two points

Note 1 to entry: Resistance is expressed in ohms.

### **3.3 resistance to ground**

$R_g$

resistance measured between an electrode placed on the surface of a test specimen and a local ground

Note 1 to entry: Resistance to ground is expressed in ohms.

### **3.4 resistance to groundable point**

$R_{gp}$

resistance measured between an electrode placed on the surface of a test specimen and a groundable point fitted to the test specimen

Note 1 to entry: Resistance to groundable point is expressed in ohms.

### **3.5 point-to-point resistance**

$R_{pp}$

resistance measured between two electrodes placed a specified distance apart on the same surface of a test specimen

Note 1 to entry: Point-to-point resistance is expressed in ohms.

### **3.6 surface resistance**

$R_s$

resistance measured between a central disc electrode and a surrounding concentric ring electrode placed on the surface of a test specimen

Note 1 to entry: Surface resistance is expressed in ohms.

### **3.7 surface resistivity**

$\rho_s$

resistivity equivalent to the surface resistance of a square area, having the electrodes at two opposite sides

Note 1 to entry: The SI unit of surface resistivity ( $\Omega$ ) is sometimes referred to as  $\Omega/\text{sq}$  (ohms per square), to distinguish resistivity values from resistance values. However, the use of  $\Omega/\text{sq}$  is deprecated because it may imply a resistance per unit area, which is not correct.

### **3.8 volume resistance**

$R_v$

resistance measured between two electrodes placed on opposite surfaces of a test specimen

Note 1 to entry: Volume resistance is expressed in ohms.

### 3.9 volume resistivity

 $\rho_v$ 

ratio of a DC field strength (V/m) and the steady-state current density (A/m<sup>2</sup>) within the material

Note 1 to entry: In practice, it is equivalent to the volume resistance of a cube with unit length, having the electrodes at two opposite surfaces.

Note 2 to entry: Volume resistivity is not an appropriate characteristic for materials that are electrically inhomogeneous.

Note 3 to entry: Volume resistivity is expressed in ohm meters.

## 4 Conditioning and test environment

The electrostatic behaviour of materials is influenced by environmental conditions, such as relative humidity and temperature.

For this reason, measurements shall be performed under controlled conditions. The selection of the appropriate conditions for testing shall be decided according to the type of material (product specification) and the intended application, based on the most severe conditions expected to occur during usage (e.g. lowest humidity and highest humidity).

Unless otherwise agreed, the atmosphere for conditioning and testing shall be  $(23 \pm 2)$  °C and  $(12 \pm 3)$  % relative humidity, and the conditioning time prior to testing shall be at least 24 h.

If it is required to test that the measured resistance is not below a minimum limit, additional testing at high humidity is required. Unless otherwise agreed, the atmosphere for conditioning and testing at high humidity shall be  $(23 \pm 2)$  °C and  $(60 \pm 10)$  % relative humidity, and the conditioning time prior to testing shall be at least 24 h.

Specimens shall normally be conditioned and measured in the same climate, if not specified differently. However, preconditioning may be necessary in order to eliminate the effects of stress appearing after the moulding process of some plastic materials or as a drying treatment before the test procedure starts. Preconditioning is normally done in a different environment.

Adequate devices are a desiccator in an oven or a climate chamber preferably equipped with forced circulation and interchange of air.

## 5 Selection of test method

For planar materials, the following procedure shall be used to select the test method:

- a) if the range of electrical resistance of a material to be tested is known, then use the relevant clause (Clause 6, 7, 8 or 10) where appropriate standards are listed or methods described;
- b) for a material of initially unknown resistivity, start the measurements by using methods for conductive materials according to Clause 6.

If the measurement is not possible or the obtained result exceeds the given range for the application of the test method, it shall be regarded as being inadequate and the result shall not be taken into account. The measurement shall be repeated according to Clause 8 or Clause 10 for electrostatic dissipative materials. If the situation described above occurs again, the measurement shall be repeated according to Clause 7 for insulating materials.

For non-planar materials and for products with structures that are too small to allow the use of the electrode assemblies specified in 8.2, the method described in Clause 10 shall be used.

If the measurement result using the method described in Clause 10 is less than  $10^4 \Omega$  or greater than  $10^{12} \Omega$ , and the shape or dimensions of the material under test do not allow measurements according to Clause 6 or Clause 7, the test result shall be reported as either " $<10^4 \Omega$ " or " $>10^{12} \Omega$ ".

## **6 Resistance measurements for solid conductive materials**

The resistance of solid conductive materials (non-metals) shall be measured in accordance with ISO 3915 for plastics or ISO 1853 for rubbers. If the measured resistance is greater than or equal to  $10^4 \Omega$ , use the methods described in Clause 7, 8 or 10.

## **7 Resistance measurements for solid insulating materials**

The resistance of solid insulating materials shall be measured in accordance with IEC 62631-3-1, IEC 62631-3-2 or IEC 62631-3-3 for plastics, or ISO 2951 for rubbers.

## **8 Resistance measurements for planar electrostatic dissipative materials (used to avoid electrostatic charge accumulation)**

### **8.1 Instrumentation**

#### **8.1.1 General**

The instrumentation may consist of either a DC power supply and an ammeter, or an integrated instrument (ohmmeter). National safety regulations shall be followed.

#### **8.1.2 Instrumentation for laboratory evaluation**

The output voltage under load shall be  $(100 \pm 5) \text{ V}$  for measurements of  $1 \times 10^6 \Omega$  and higher, and  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$  for less than  $1 \times 10^6 \Omega$ .

If an ohmmeter is used, readings shall be possible at least from  $1 \times 10^3 \Omega$  to  $1 \times 10^{13} \Omega$ , with an accuracy of  $\pm 10 \%$ .

If a DC power supply and ammeter are used, readings shall be possible at least from 10 pA to 10 mA. The combined accuracy of the DC power supply and ammeter shall be  $\pm 10 \%$ .

#### **8.1.3 Instrumentation for acceptance testing**

Instrumentation for laboratory evaluation or instrumentation meeting the following requirements shall be used for acceptance testing.

The open circuit voltage shall be  $(100 \pm 5) \text{ V}$  for measurements of  $1 \times 10^6 \Omega$  and higher, and  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$  for less than  $1 \times 10^6 \Omega$ .

If an ohmmeter is used, readings shall be possible at least from  $1 \times 10^3 \Omega$  to  $1 \times 10^{13} \Omega$ , with an accuracy of  $\pm 20 \%$ .

If a DC power supply and ammeter are used, readings shall be possible at least from 10 pA to 10 mA with an accuracy of  $\pm 20 \%$ .

In case of dispute, instrumentation for laboratory evaluations shall be used.

#### **8.1.4 Instrumentation for compliance verification (periodic testing)**

Instrumentation meeting the requirements for laboratory evaluations or acceptance testing, or instrumentation meeting the following requirements shall be used.

Compliance verification instrumentation shall be capable of making measurements one order of magnitude above and below the intended measurement range. The output voltage of compliance verification instrumentation may vary from laboratory evaluation or acceptance testing instrumentation, and may be rated under load or open circuit. Compliance verification instrumentation shall be checked against laboratory evaluation or acceptance testing instrumentation to ensure there is correlation between measurement results.

In case of dispute, instrumentation for acceptance testing or laboratory evaluation shall be used.

### **8.2 Electrode assemblies**

#### **8.2.1 General**

The electrodes shall consist of a material that allows intimate contact with the specimen surface and introduces no appreciable error because of electrode resistance or contamination of the specimen. The electrode material shall be corrosion resistant under test conditions and shall not cause a chemical reaction with the material being tested.

The assemblies described in the subclauses below are recommended to be suitable, but other configurations complying with national or international standards may also be used, if appropriate. Especially for volume resistance measurements of electrostatic dissipative materials, it is important that applied probes of the guarded ring type have sufficient space between the centre (measuring) and ring (guard) contact electrode in order to minimize stray currents falsifying the readings. It is recommended, that the gap  $g$  shall be at least 10 mm. In cases of dispute, the assemblies described in this standard shall be applied.

#### **8.2.2 Assembly for the measurement of surface resistance**

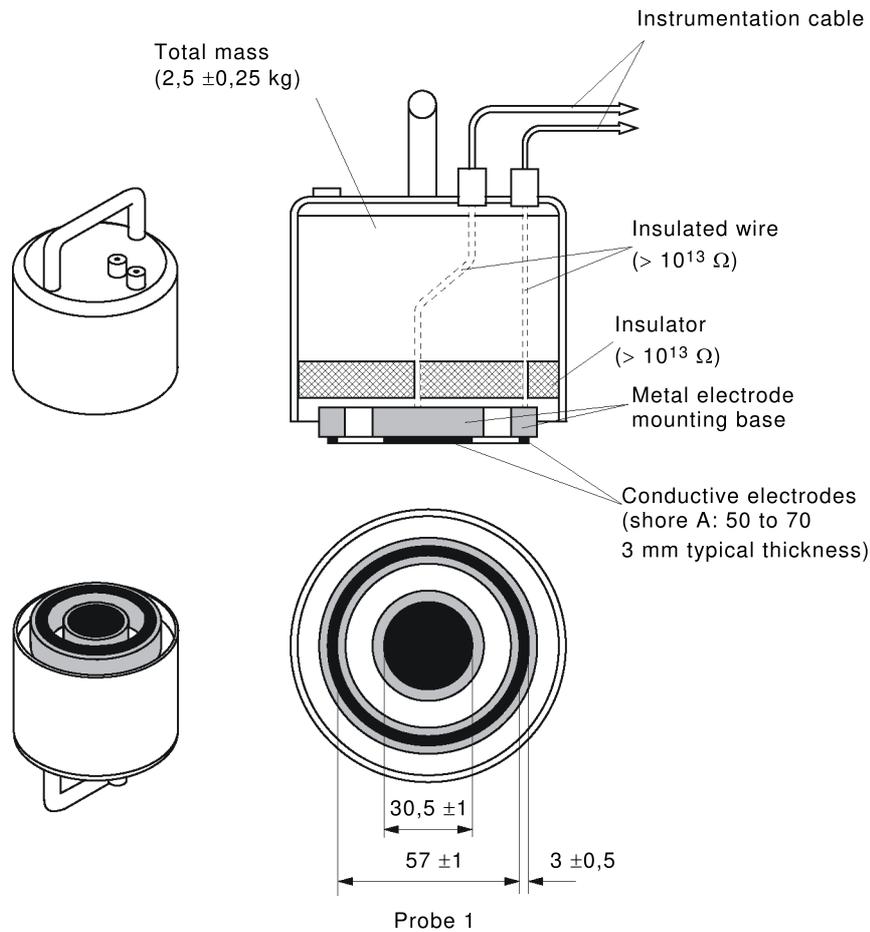
The electrode assembly (probe 1) contains a central disc surrounded by a concentric ring made of conductive materials which make contact with the material under test (see Figure 1). The total mass of the electrode assembly shall be  $(2,5 \pm 0,25)$  kg.

The contact surface material shall have a volume resistance of less than  $10^3 \Omega$  when tested on a stainless, non-corrosive metal plate (not aluminium) as the counter electrode by applying  $(10,0 \pm 0,5)$  V, and shall have a Shore A hardness of 50 to 70 when tested according to ISO 7619-1.

Insulating materials used in the electrode assembly shall have volume and/or surface resistance greater than  $10^{13} \Omega$  when tested according to IEC 62631-3-1 and/or IEC 62631-3-2 respectively.

The material under test shall be placed on an insulating support as described in 8.2.5.

*Dimensions in millimetres*



IEC

**Figure 1 – Example of an assembly for the measurement of surface and volume resistance**

### 8.2.3 Assembly for the measurement of volume resistance

The assembly consists of two electrodes placed on either side of the material under test (see Figure 4). The top electrode assembly (probe 1) shall be as described in 8.2.2 and shown in Figure 1.

The bottom electrode (probe 2) shall be a stainless, non-corrosive metal plate (not aluminium) sufficiently large to support the specimen under test. Probe 2 shall be equipped with a permanent connecting terminal (e.g. plug hole, riveted connector). Crocodile clips should not be used.

It should be placed either on an insulating support as described in 8.2.5 prior to test or be equipped with equivalent insulating feet.

### 8.2.4 Assembly for the measurement of resistance to ground/groundable point and point-to-point resistance

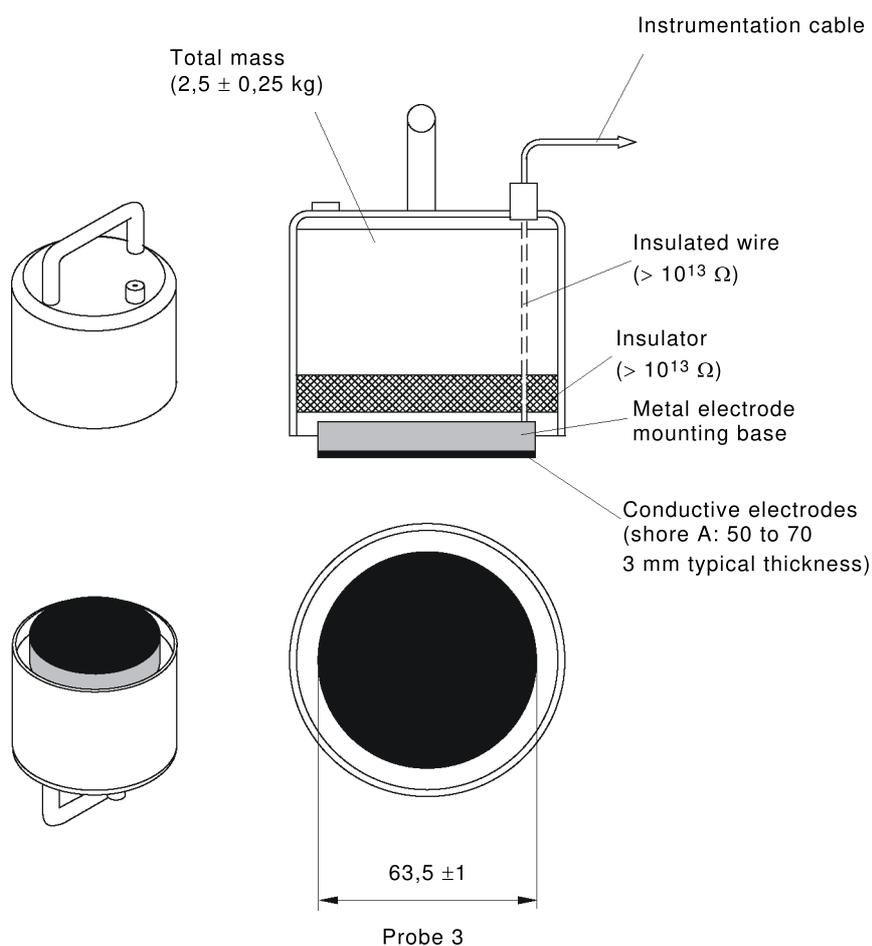
The assembly consists of one (resistance to ground/groundable point) or two (point-to-point resistance) electrodes (probe 3) containing a disk made of conductive material which makes contact with the material under test (see Figure 2). The total mass of the electrode assembly shall be  $(2,5 \pm 0,25)$  kg.

The contact surface material shall be conductive enough that two probes placed on a metal surface (e.g. probe 2) have a point-to-point resistance of less than  $10^3 \Omega$  when tested with  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$ , and shall have a Shore A hardness of 50 to 70 when tested according to ISO 7619-1.

Insulating materials used in the electrode assembly shall have volume and/or surface resistance greater than  $10^{13} \Omega$  when tested according to IEC 62631-3-1 and/or IEC 62631-3-2 respectively.

The material under test shall be placed on an insulating support as described in 8.2.5.

*Dimensions in millimetres*



IEC

**Figure 2 – Example of an assembly for the measurement of resistance to ground/groundable point and point-to-point resistance**

### 8.2.5 Test support

The material shall be tested on a smooth flat support having a surface resistance greater than  $1 \times 10^{13} \Omega$ , measured according to IEC 62631-3-2. The size shall be at least 10 mm more in length and width compared to the size of the specimen under test. The minimum thickness shall be 1 mm.

### 8.3 Sample preparation and handling

Refer to applicable material specifications for sampling instructions. The specimens shall not be handled or marked in areas where measurements will be performed. If the areas where

the electrodes make contact have been reworked, this shall be stated in the test report. When the surface resistance is to be measured, the surface shall not be cleaned unless agreed on or specified. Care shall be taken in applying the electrodes and also in handling and mounting the specimens for the measurements in order to minimize the possibility of creating electrical paths due to contamination that may adversely affect the test results.

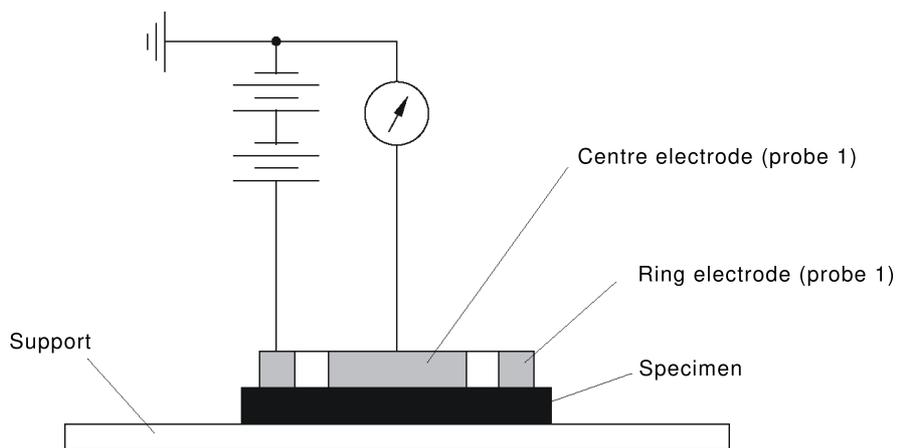
Specimens shall preferably have a simple geometric shape in the form of sheets with a minimum size of at least 80 mm × 120 mm or 110 mm diameter.

If no other regulation is given, a minimum of three representative specimens of the sample material shall be prepared. The surface to be tested shall be clearly marked or otherwise identified.

## 8.4 Test procedures

### 8.4.1 Surface resistance measurements

The electrode assembly described in 8.2.2 is connected to the instrumentation (see Figure 3). The specimen shall be placed onto the test support with the surface to be tested facing up. The electrode assembly is then positioned onto the approximate centre of the specimen or at least 10 mm away from the edges.



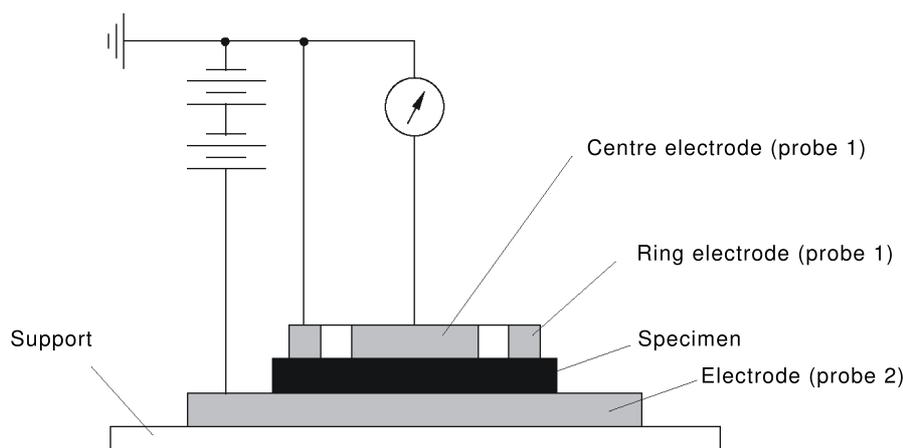
IEC

**Figure 3 – Basic connections of the electrodes for surface resistance measurements**

Energize the instrumentation at  $(10,0 \pm 0,5)$  V and record the reading after  $(15 \pm 1)$  s, unless otherwise specified. If the indicated resistance is less than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , report the value and proceed to the next specimen. If the indicated resistance is equal to or higher than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , de-energize the instrumentation and repeat the procedure using  $(100 \pm 5)$  V. Record the indicated resistance after the electrification period determined in A.1.2.

### 8.4.2 Volume resistance measurements

The electrode assemblies described in 8.2.2 are connected to the instrumentation (see Figure 4). The bottom electrode (probe 2) is then placed onto the test support first and the specimen laid onto it. Afterwards, the top electrode (probe 1) is positioned onto the approximate centre of the specimen or at least 10 mm away from the edges.



IEC

**Figure 4 – Basic connections of the electrodes for volume resistance measurements**

Energize the instrumentation at  $(10,0 \pm 0,5)$  V and record the reading after  $(15 \pm 1)$  s, unless otherwise specified. If the indicated resistance is less than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , record the value and proceed to the next specimen. If the indicated resistance is equal to or higher than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , de-energize the instrumentation and repeat the procedure using  $(100 \pm 5)$  V. Record the indicated resistance after the electrification period determined in A.2.2.

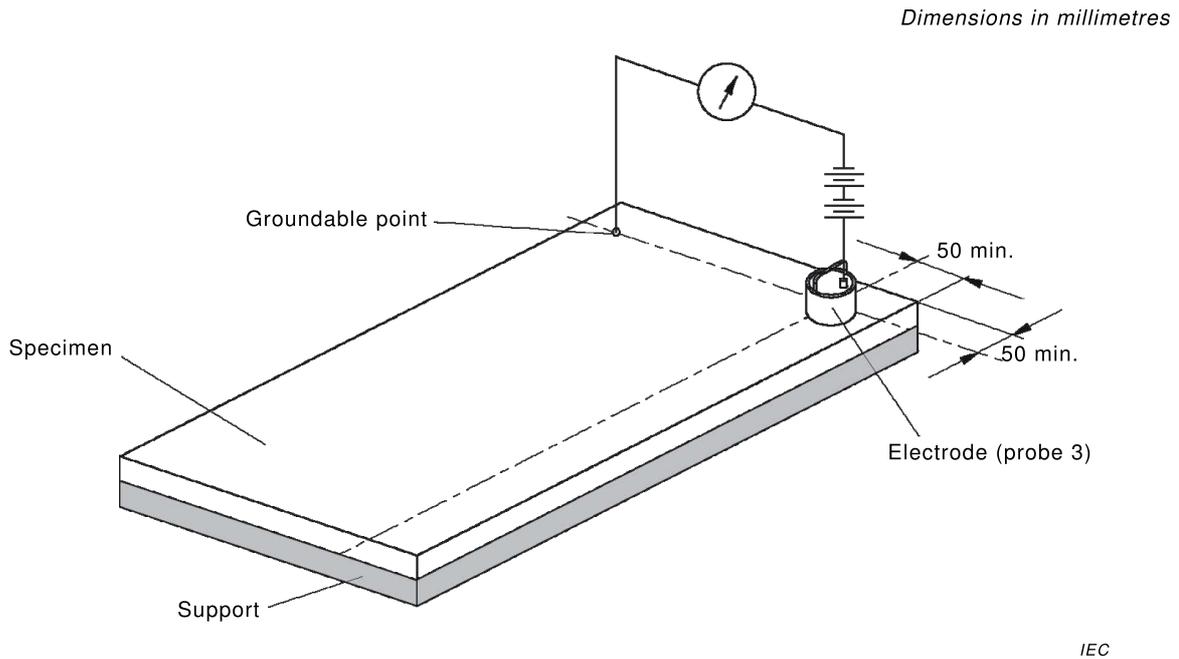
If an evaluation of the volume resistivity is required, the average thickness  $h$  of each specimen shall be determined prior to any measurement following the instructions given in the relevant product specification.

### 8.4.3 Resistance to groundable point measurements

#### 8.4.3.1 Measurements on laboratory specimens

The test specimens shall be fitted with a representative groundable point. Place the specimens onto the test support with the surface to be tested facing up. Put the electrode assembly (probe 3) onto the surface of the specimen in a position such that the centre of the electrode assembly is at least 50 mm away from the specimen edges or groundable point (see Figure 5). Connect the electrode assembly to one lead of the instrumentation and the groundable point to the other lead.

Energize the instrumentation at  $(10,0 \pm 0,5)$  V and record the reading after  $(15 \pm 1)$  s if the indicated resistance is less than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ . Then proceed to the next position or specimen. If the indicated resistance is equal or higher than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , de-energize the instrumentation and repeat the procedure using  $(100 \pm 5)$  V.



**Figure 5 – Principle of resistance to groundable point measurements**

#### 8.4.3.2 Measurements on installed materials

Put the electrode assembly (probe 3) onto the surface of the specimen in a position at least 50 mm away from the specimen edges or groundable point (see Figure 5). Connect the electrode assembly to one lead of the instrumentation and the groundable point to the other lead.

Energize the instrumentation at  $(10,0 \pm 0,5)$  V and record the reading after  $(15 \pm 1)$  s if the indicated resistance is less than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ . Then proceed to the next position or specimen. If the indicated resistance is equal or higher than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , de-energize the instrumentation and repeat the procedure using  $(100 \pm 5)$  V.

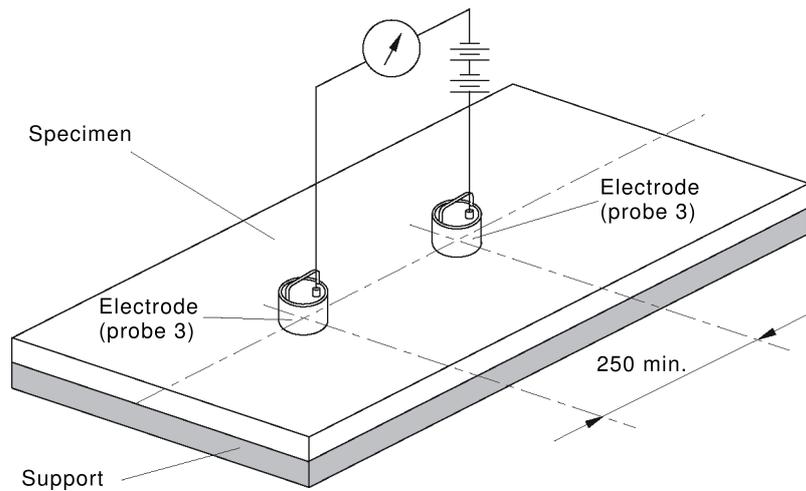
Line-powered instruments can require an alternate test lead set up to properly measure grounded items. The equipment grounding conductor should be insulated from signal ground. Additionally, the high-potential test lead can require connection to the ground side of the item under test. Consult the instrument manufacturer's instructions for test lead arrangement.

#### 8.4.4 Point-to-point resistance measurements

Connect two electrode assemblies (probes 3) described in 8.2.4 to the instrumentation. The specimen shall be placed onto the test support with the surface to be tested facing up. The probes shall be then placed onto the surface of the specimen in a specified or, if appropriate, otherwise chosen position at least 250 mm in distance from their longitudinal axes, and at least 50 mm away from the edges of the specimen (see Figure 6).

Energize the instrumentation at  $(10,0 \pm 0,5)$  V and record the reading after  $(15 \pm 1)$  s if the indicated resistance is less than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ . Then proceed to the next position or specimen. If the indicated resistance is equal or higher than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , de-energize the instrumentation and repeat the procedure using  $(100 \pm 5)$  V.

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 6 – Principle of point-to-point measurements

## 9 Conversion to resistivity values

### 9.1 Surface resistivity $\rho_s$

Take the following formula according to Figure 7:

$$\rho_s = 2\pi R_s / \log_e(d_2/d_1)$$

$$d_2 = d_1 + 2g$$

where

$\rho_s$  is the surface resistivity ( $\Omega$ );

$R_s$  is the measured surface resistance ( $\Omega$ );

$d_1$  is the diameter of the centre contact electrode (m);

$d_2$  is the inner diameter of the outer ring contact electrode (m);

$g$  is the distance (gap) between the contact electrodes (m).

### 9.2 Volume resistivity $\rho_v$

Take the following formula according to Figure 7:

$$\rho_v = R_v (d_1)^2 \cdot \pi / 4h$$

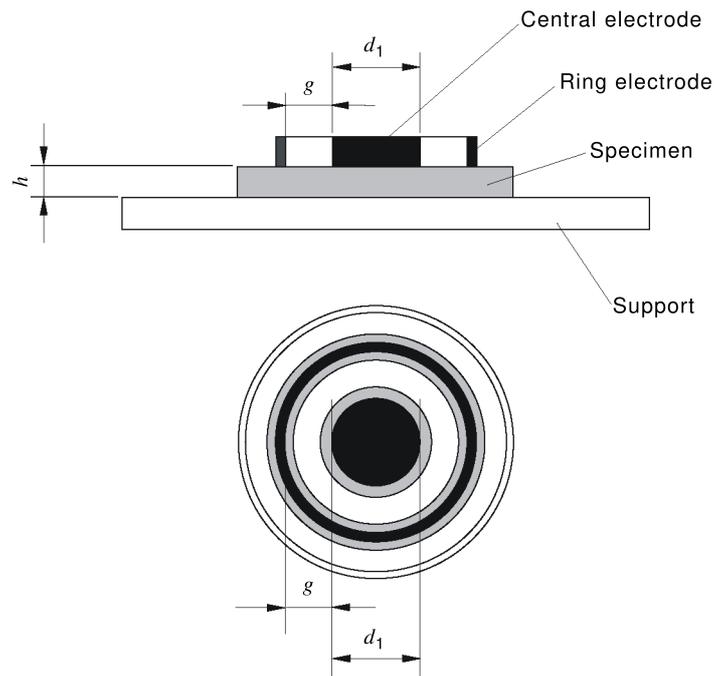
where

$\rho_v$  is the volume resistivity ( $\Omega\text{m}$ );

$R_v$  is the measured volume resistance ( $\Omega$ );

$d_1$  is the diameter of the centre contact electrode (m);

$h$  is the specimen thickness (m).



IEC

**Figure 7 – Configuration for the conversion to surface or volume resistivity**

## 10 Resistance measurements for non-planar materials and products with small structures

### 10.1 General considerations

This method is recommended for testing items with irregularly shaped surfaces. Conventional concentric ring and parallel bar electrode configurations are used for testing planar items only. However, most packaging items are not planar. Examples include shipping tubes, trays, tote boxes and carrier tapes. This probe employs springs to apply consistent contact pressure between the electrode and the item. Force created by springs is subject to variance from wear, contamination and manufacturing tolerance. This variance is acceptable for this application. Elastomeric electrodes compensate for uneven item surfaces. These features yield consistent results between laboratories and test operators.

### 10.2 Equipment

#### 10.2.1 Probe

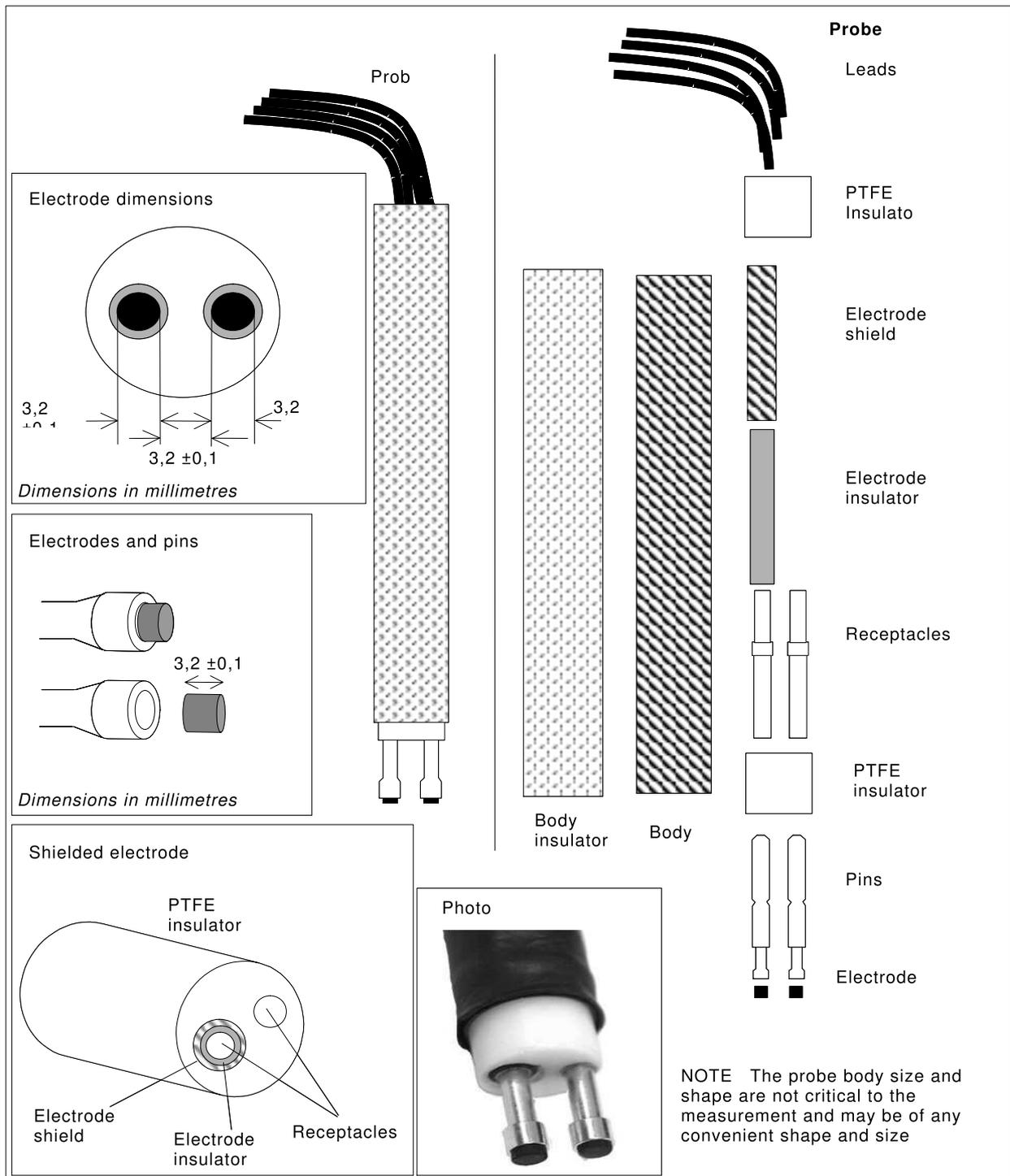
Refer to Table 1 and Figure 8.

This two-point probe consists of an insulated metal body with a polytetrafluoroethylene (PTFE) insulator inserted into each end. One insulator holds test leads; the other holds receptacles that accept spring-loaded pins. One receptacle is surrounded by a cylindrical insulator, which is surrounded by a metal shield. The pins are gold plated and have a spring force of  $(4,6 \pm 0,5)$  N at a travel of  $(4,3 \pm 0,1)$  mm. The pin tips are machined to accept friction fitted  $(3,2 \pm 0,1)$  mm diameter electrically conductive rubber electrodes. The rubber has a Shore A durometer hardness of 50 to 70 (see ISO 7619-1). The electrodes are  $(3,2 \pm 0,1)$  mm long. The electrode material shall be conductive enough that when tested on a stainless, non-corrosive metal plate (not aluminium) the point-to-point resistance is less than  $10^3 \Omega$  at  $(10,0 \pm 0,5)$  V.

Table 1 provides a list of the key components in Figure 8.

**Table 1 – Material for two-point probe**

<b>Item</b>	<b>Detail</b>	<b>Example <sup>a</sup></b>
PTFE insulators	Approximately 25,4 mm length and 12,7 mm diameter	
Electrode shield	Metal tubing approximately 31,8 mm length and 4,75 mm diameter	
Electrode insulator	Heat shrinkable PTFE or other insulator	
Receptacles	Receptacle – with solder cup	Interconnect Devices Inc., R-5-SC
Pins	Spring pin force is $(4,6 \pm 0,5)$ N at $(4,3 \pm 0,1)$ mm of travel; tip machined to accept electrode	Interconnect Devices Inc., S-5-F-16.4-G
Electrodes	$(3,2 \pm 0,1)$ mm long, $(3,2 \pm 0,1)$ mm diameter conductive material, Shore A durometer hardness between 50 and 70 (ISO 7619-1)	Vanguard Products, VC-7815
NOTE This is not intended to be a complete materials list for probe construction, but does provide key elements that enable performance replication. Refer to Figure 8 for part placement.		
<sup>a</sup> The parts listed are examples of suitable products available commercially. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of these products. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.		



IEC

**Figure 8 – Two-point probe configuration**

**10.2.2 Sample support surface**

An insulating surface, when used for specimen support, shall have a surface resistance greater than  $1 \times 10^{13} \Omega$ , measured according to IEC 62631-3-2.

**10.2.3 Resistance measurement apparatus**

Resistance measurement apparatus as specified in 8.1 shall be used.

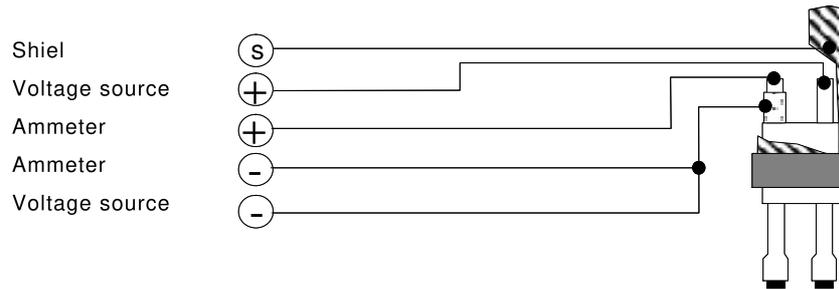
NOTE A constant output meter as specified in 8.1.2 was used to collect all data used to validate this standard test method. Data was not collected to validate this equipment configuration.

**10.2.4 Test leads**

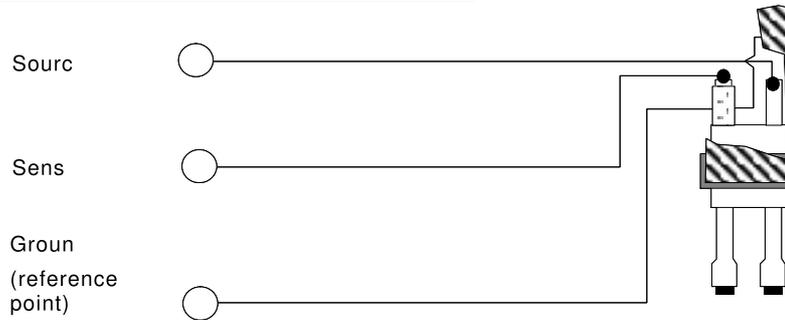
Test leads appropriate for the meter are required. A shielded lead from the probe body to the instrument will greatly reduce electrical interference (see Figure 9).

NOTE Measurements for the validation of this test method were made using a shielded lead.

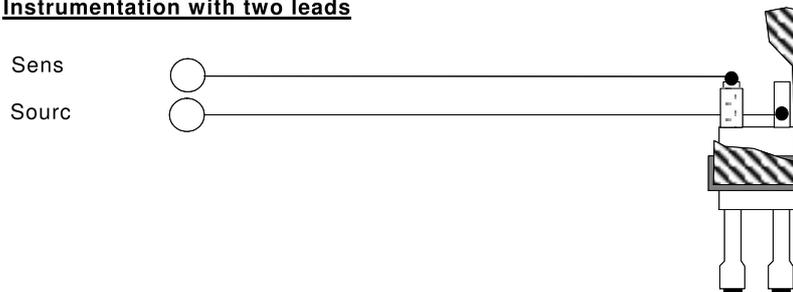
**Instrumentation with shield connection**



**Instrumentation without shield connection**

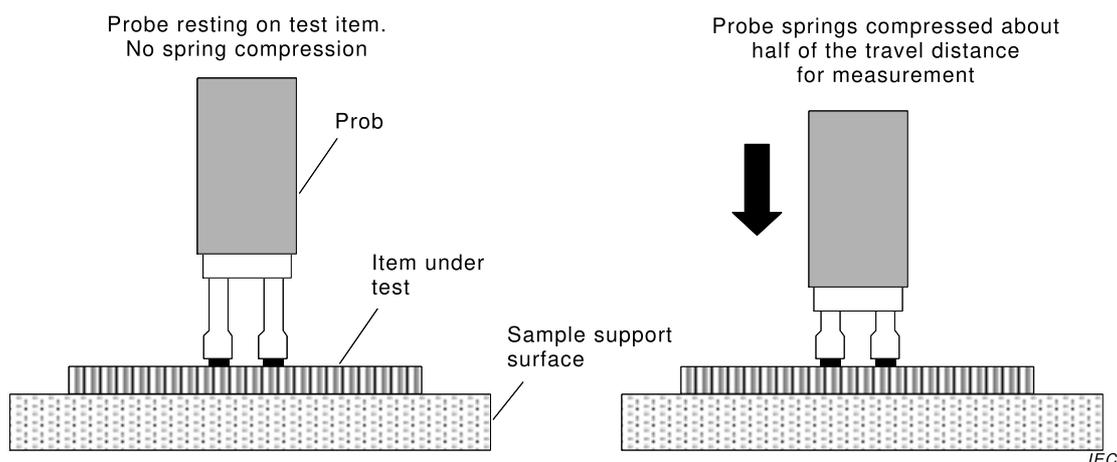


**Instrumentation with two leads**



IEC

**Figure 9 – Probe to instrumentation connection**



**Figure 10 – Spring compression for measurement**

### 10.3 Test procedure

The test procedure is as follows.

- Connect the probe to the meter as shown in Figure 9.
- Place the specimen on the sample support surface.
- Compress the spring-loaded pins downward approximately half of the length of travel (see Figure 10).
- Apply  $(10,0 \pm 0,5)$  V for  $(15 \pm 1)$  s and observe the resistance. If the resistance reading is less than  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , record the resistance value and proceed to list item f). If the resistance is greater than or equal to  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , proceed to list item e).
- If the observed resistance in list item d) is greater than or equal to  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , change the voltage to  $(100 \pm 5)$  V and repeat the measurement. Record the resistance value.
- Repeat the test for each remaining specimen.

NOTE 1 A change in the size of the specimen can affect the measurements.

NOTE 2 Resistance measurements can be affected by the size and spacing between electrodes. The 3,2 mm diameter and 3,2 mm spacing of the electrodes was selected to test a wide range of packaging types and sizes.

NOTE 3 Resistance measurements of a particular sample material can vary due to:

- variations in sample surface composition or thickness;
- compression of the sample by the force of the electrodes;
- variations of the resistance in the electrode material;
- change in material properties due to the measurement current;
- cleanliness of electrodes or sample.

NOTE 4 Testing of various electrode materials indicates that the use of harder rubber materials than specified creates greater variation in readings.

## 11 Repeatability and reproducibility

The resistance of a given specimen varies with the test conditions and it is normal for the materials to be non-uniform. Because of this, determinations are usually not more reproducible than  $\pm 10\%$  and are often even more widely divergent (a range of values of one order of magnitude may be obtained under apparently identical conditions). The comparability of measurements on similar specimens requires a test performance with similar voltage gradients.

The repeatability of these test methods can be assumed to be in the range of approximately one half order of magnitude. If the average value for a series of laboratory tests is  $5 \times 10^{10} \Omega$ , the spread of values can be expected from  $2,5 \times 10^{10} \Omega$  to  $7,5 \times 10^{10} \Omega$ .

## 12 Test report

The test report shall include the following information:

- a) description and identification of the material (name, grade, colour, manufacturer, manufacturing date, etc.);
- b) shape, dimensions and number of the specimens;
- c) type, material and dimensions of the probes (electrodes), if different from those specified in this standard;
- d) conditioning of the specimens (temperature, relative humidity, duration);
- e) cleaning procedures;
- f) test conditions (temperature and relative humidity at the time of measurement);
- g) instrumentation (type, calibration information, etc.);
- h) test voltage and electrification time with additional information, if these parameters are fixed or specified differently;
- i) number of measurements, individual results and average value;
- j) surface resistivity as individual results with average value, if relevant;
- k) volume resistivity as individual results with average value, if relevant;
- l) resistance-to-ground/groundable point with identification of test positions, if relevant;
- m) point-to-point resistance with identification of test positions and whether the method specified in Clause 8 or Clause 10 is used, if relevant, and applied distance between the longitudinal axes of the probes, if different from this standard;
- n) dates of specimen preparation and test performance;
- o) any specific observations during test (e.g. polarization effects).

In the absence of instructions from product standards or other requirements, consideration shall be given to the way in which average values are calculated. It is common for arithmetic mean to be used to calculate the average value, i.e. the sum of  $n$  values divided by  $n$ :

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

where

$\bar{x}$  is the average value;

$x_i$  is an individual value;

$n$  is the number of values to be averaged.

Geometric mean may be of more practical significance than arithmetic mean when averaging values that vary by orders of magnitude, as is often the case when making resistance measurements. For example, five resistance measurements may include four measurements of the order of  $1 \times 10^9 \Omega$  and one measurement of  $1 \times 10^{12} \Omega$ . The arithmetic mean is weighted by the  $1 \times 10^{12} \Omega$  measurement, whereas the geometric mean is not and may more closely represent the overall way in which a material is likely to perform in practice. Geometric mean is calculated by taking the  $n$ th root of the product of  $n$  values:

$$\bar{x} = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}$$

where

$\bar{x}$  is the average value;

$x_i$  is an individual value;

$n$  is the number of values to be averaged.

The test report shall state if arithmetic or geometric mean has been used to calculate average values.

## Annex A (normative)

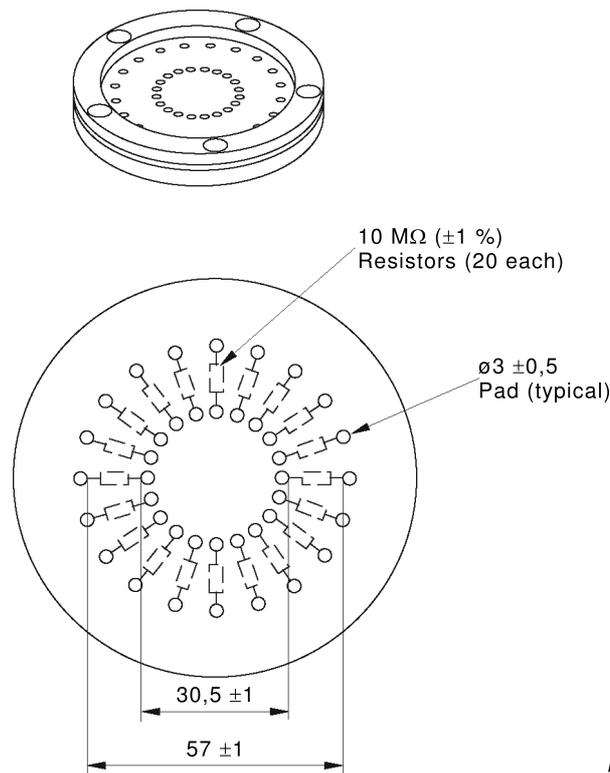
### System verification

#### A.1 System verification for surface resistance measurements

##### A.1.1 Fixture and procedure for lower resistance range

The fixture shall conform to the electrode dimensions of the assembly described in 8.2.2 and have 20 individual metal surfaces or pads which make contact with the centre (inner) electrode surface, and 20 identical pads which make contact with the ring (outer) electrode surface. Pads shall be flat without any protrusions and be mounted on a flat surface. The fixture shall consist of 20 each,  $(1,00 \pm 0,01) \times 10^6 \Omega$  resistors. All resistors to be mounted on bottom side. Each resistor shall be individually connected between an inner and outer pad (see Figure A.1). The material for the fixture shall have a volume resistance of at least  $10^8 \Omega$  between the two rows of pads when not connected by resistors, and tested with  $(100 \pm 5) \text{ V}$ .

*Dimensions in millimetres*



**Figure A.1 – Lower resistance range verification fixture for surface resistance measurements**

Prior to a test, the system shall be checked for proper operation as follows:

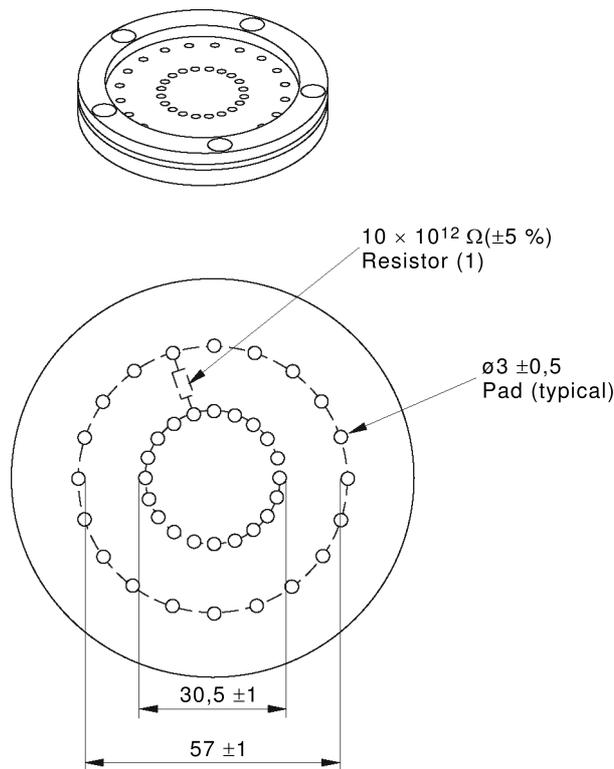
The assembly described in 8.2.2 is connected to the instrumentation according to Figure 3 and then placed onto the fixture. A voltage of  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$  shall be applied and a reading taken after  $(15 \pm 1) \text{ s}$ . The result shall be  $(5,00 \pm 0,25) \times 10^5 \Omega$ . The check is then repeated after having the assembly rotated through  $90^\circ$ .

NOTE Rotation of the electrode assembly checks the flatness of the fixture and electrode containing surfaces.

**A.1.2 Fixture and procedure for upper resistance range and determination of electrification period**

The fixture shall conform to the electrode dimensions of the assembly described in 8.2.2 and have metal surfaces or pads which make contact with the electrode surfaces. Pads shall be flat without any protrusions and be mounted on a flat surface. Pads may be tied together with wire or complete circular rings may be used. They are connected via a single resistor of  $(1,00 \pm 0,05) \times 10^{12} \Omega$  between the centre (inner) and ring (outer) contact surfaces (see Figure A.2). The resistor and wiring shall be mounted on the bottom side. When tested with  $(500 \pm 25) \text{ V}$  in compliance with IEC 60167, the material for the fixture shall have an insulation resistance of at least  $10^{14} \Omega$  between the two rows of pads when not connected by a resistor.

*Dimensions in millimetres*



IEC

**Figure A.2 – Upper resistance range verification fixture for surface resistance measurements**

The following procedure confirms the capability of the system to measure  $1,0 \times 10^{12} \Omega$  and offers a method to determine the electrification period as follows:

The assembly described in 8.2.2 is connected to the instrumentation according to Figure 3 and then placed onto the fixture. A voltage of  $(100 \pm 5) \text{ V}$  shall be applied and a reading taken when the displayed value has reached the steady-state. If the reading is within the tolerance range of the resistor, repeat the procedure five times while recording the required time for the instrument to indicate a steady-state value. The average of the five recordings is the electrification time. An addition of 5 s to this time results in the electrification period that will be used to measure specimens higher than  $10^6 \Omega$ .

## **A.2 System verification for volume resistance measurements**

### **A.2.1 Fixture and procedure for lower resistance range**

Prior to the test, the system shall be checked for proper operation as follows:

Connect the electrodes (probes 1 and 2) to the instrumentation according to Figure 4 but without a specimen between them. Then insert a  $(5,00 \pm 0,05) \times 10^5 \Omega$  resistor between the voltage source output and probe 2. A voltage of  $(10,0 \pm 0,5)$  V shall be applied and a reading taken after  $(15 \pm 1)$  s. The result shall be  $(5,00 \pm 0,25) \times 10^5 \Omega$ .

### **A.2.2 Fixture and procedure for upper resistance range and determination of electrification period**

The following procedure confirms the capability of the system to measure  $1,0 \times 10^{12} \Omega$  and offers a method to determine the electrification period as follows:

Connect the electrodes (probes 1 and 2) to the instrumentation according to Figure 4 but without a specimen between them. Then insert a  $(1,00 \pm 0,05) \times 10^{12} \Omega$  resistor between the voltage source output and probe 2. A voltage of  $(100 \pm 5)$  V shall be applied and a reading taken when the displayed value has reached the steady-state. If the reading is within the tolerance range of the resistor, repeat the procedure five times while recording the required time for the instrument to indicate a steady-state value. The average of the five recordings is the electrification time. An addition of 5 s to this time results in the electrification period that will be used to measure specimens higher than  $10^6 \Omega$ .

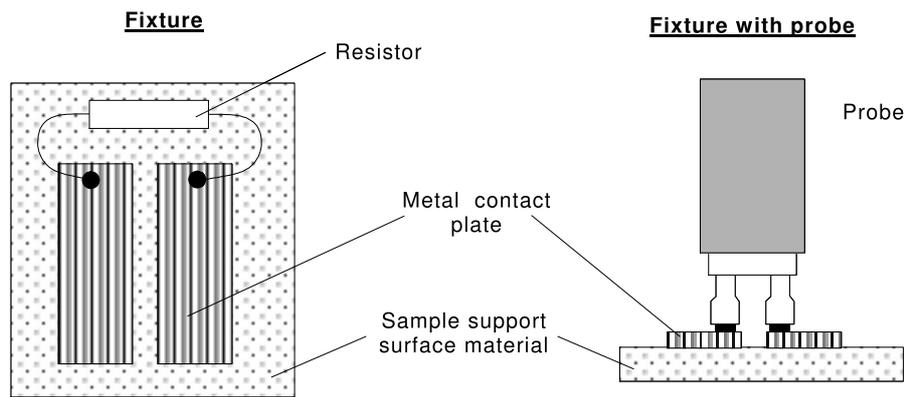
## **A.3 System verification for resistance measurements for non-planar materials and products with small structures**

### **A.3.1 Verification fixtures**

The low resistance verification fixture shall consist of a  $(1,00 \pm 0,01) \times 10^5 \Omega$  resistor bonded to two metal contact plates. The plates shall be of a size and shape so that each probe electrode contacts only one plate, and so that the plates are not in contact with each other. The plates may be affixed to a material with the same properties as the sample support surface. Figure A.3 illustrates one possible configuration of a resistance verification fixture.

The high resistance verification fixture shall consist of a  $(1,00 \pm 0,05) \times 10^9 \Omega$  resistor bonded to two metal contact plates. The plates shall be of a size and shape so that each probe electrode contacts only one plate, and so that the plates are not in contact with each other. The length and width of each plate shall be at least 3,3 mm (for rectangular plates) or shall be at least 3,3 mm diameter (for circular plates), and the minimum gap between plates shall not exceed 3,1 mm. The plates may be affixed to a material with the same properties as the sample support surface. Figure A.3 illustrates one possible configuration of a resistance verification fixture.

The actual value of the resistors shall be measured periodically. This measured value shall be used to verify probe operation.



IEC

**Figure A.3 – Resistance verification fixture**

### A.3.2 Verification procedure

The verification procedure is as follows:

- a) Correct probe operation shall be verified by measuring known resistance values.
- b) Connect the probe to the meter as shown in Figure 9.
- c) Place the probe electrodes onto the low resistance verification fixture as shown in Figure A.3.
- d) Compress the spring-loaded pins downward approximately half of the length of travel (Figure 10).
- e) Apply  $(10,0 \pm 0,5)$  V for  $(15 \pm 1)$  s and observe the resistance.
- f) Record the resistance value. The value should be within 10 % of the actual resistor value.
- g) Repeat the procedure using the high resistance verification fixture at  $(100 \pm 5)$  V.



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	32
INTRODUCTION.....	34
1 Domaine d'application.....	35
2 Références normatives .....	35
3 Termes et définitions .....	35
4 Environnement d'essai et de conditionnement .....	37
5 Sélection de la méthode d'essai.....	37
6 Mesures de la résistance des matériaux conducteurs solides.....	38
7 Mesures de la résistance des matériaux isolants solides .....	38
8 Mesures de résistance de matériaux dissipatifs électrostatiques planaires (destinés à éviter la charge électrostatique) .....	38
8.1 Instrumentation .....	38
8.1.1 Généralités .....	38
8.1.2 Instrumentation utilisée pour les évaluations en laboratoire.....	38
8.1.3 Instrumentation utilisée pour les essais d'approbation.....	38
8.1.4 Instrumentation utilisée pour la vérification de la conformité (essais périodiques).....	39
8.2 Ensembles d'électrodes.....	39
8.2.1 Généralités .....	39
8.2.2 Ensemble pour la mesure de la résistance de surface.....	39
8.2.3 Ensemble pour la mesure de la résistance transversale .....	40
8.2.4 Ensemble pour la mesure de résistance à la terre/résistance du point de mise à la terre et point à point .....	41
8.2.5 Support d'essai .....	42
8.3 Préparation et traitement des échantillons .....	42
8.4 Procédures d'essai.....	42
8.4.1 Mesures de résistance superficielle .....	42
8.4.2 Mesures de résistance transversale.....	43
8.4.3 Mesures de résistance de point de mise à la terre .....	43
8.4.4 Mesures de résistance point à point .....	44
9 Conversion en valeurs de résistivité .....	45
9.1 Résistivité superficielle $\rho_S$ .....	45
9.2 Résistivité transversale $\rho_V$ .....	45
10 Mesures de résistance de matériaux et produits non planaires à petites structures .....	46
10.1 Considérations générales.....	46
10.2 Equipement.....	46
10.2.1 Sonde.....	46
10.2.2 Surface de support des échantillons .....	48
10.2.3 Appareil de mesure de résistance.....	48
10.2.4 Cordons d'essai .....	49
10.3 Procédure d'essai .....	50
11 Répétabilité et reproductibilité.....	50
12 Rapport d'essai .....	51
Annexe A (normative) Vérification de système.....	53
A.1 Vérification de système pour les mesures de résistance superficielle.....	53

A.1.1	Appareil et procédure pour la plage de résistance plus faible .....	53
A.1.2	Appareil et procédure pour la plage de résistance supérieure et détermination de la durée d'application de la tension .....	54
A.2	Vérification de système pour les mesures de résistance transversale .....	55
A.2.1	Appareil et procédure pour la plage de résistance plus faible .....	55
A.2.2	Appareil et procédure pour la plage de résistance supérieure et détermination de la durée d'application de la tension .....	55
A.3	Vérification de système pour les mesures de résistance de matériaux et produits non planaires ayant de petites structures.....	55
A.3.1	Appareils de vérification .....	55
A.3.2	Procédure de vérification.....	56
Figure 1	– Exemple d'ensemble pour la mesure de la résistance superficielle et transversale.....	40
Figure 2	– Exemple d'ensemble pour la mesure de la résistance à la terre/point de mise à la terre et résistance point à point .....	41
Figure 3	– Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance superficielle .....	42
Figure 4	– Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance transversale.....	43
Figure 5	– Principe de la mesure de résistance du point de mise à la terre.....	44
Figure 6	– Principe des mesures point à point .....	45
Figure 7	– Configuration relative à la conversion en résistivité superficielle ou transversale.....	46
Figure 8	– Configuration d'une sonde à deux points.....	48
Figure 9	– Connexion de la sonde à l'instrumentation .....	49
Figure 10	– Compression du ressort pour la mesure .....	50
Figure A.1	– Appareil de vérification de la plage de résistance inférieure pour les mesures de la résistance superficielle .....	53
Figure A.2	– Appareil de vérification de la plage de résistance inférieure pour les mesures de la résistance superficielle .....	54
Figure A.3	– Appareil de vérification de la résistance.....	56
Tableau 1	– Matériau pour une sonde à deux points .....	47

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## ÉLECTROSTATIQUE –

### **Partie 2-3: Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux solides destinés à éviter les charges électrostatiques**

#### 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 61340-2-3 a été établie par le comité d'études 101 de l'IEC: Electrostatique.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2000. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) une distinction a été introduite entre l'instrumentation utilisée pour les évaluations en laboratoire, l'instrumentation utilisée pour les essais d'approbation et l'instrumentation utilisée pour la vérification de la conformité (essais périodiques);

- b) un autre ensemble d'électrodes est décrit, qui peut être utilisé sur les produits non planaires ou lorsque les dimensions du produit à l'essai sont trop petites pour permettre l'utilisation de l'ensemble d'électrodes plus grand;
- c) les formules de calcul de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle ont été modifiées afin de correspondre à la pratique courante du secteur dans les principaux domaines d'application de la série IEC 61340.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
101/470/CDV	101/494/RVC

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 61340, publiées sous le titre général *Electrostatique*, 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.

## INTRODUCTION

Les mesures des résistances et les calculs afférents des résistivités font partie des objectifs fondamentaux des techniques de mesure électrique de même que les mesures de tension et de courant.

La résistivité est la caractéristique électrique qui a la plage la plus large; elle s'étend sur quelque trente ordres d'amplitude, du métal le plus conducteur aux isolateurs presque parfaits.

La base est la loi d'Ohm, et elle est valable pour le courant continu et les valeurs instantanées du courant alternatif dans les conducteurs par électrons (métaux, carbone, etc.). Les valeurs des mesures de résistance à l'aide du courant alternatif peuvent être influencées par la réactance inductive/capacitive, en fonction de la fréquence. De ce fait, les Normes nationales et internationales traitant de mesures de résistance des matériaux solides exigent normalement l'application de courant continu.

La plupart des matériaux non métalliques tels que le plastique sont classés parmi les polymères et les conducteurs d'ions. Le transport de charges peut être dépendant de l'intensité du champ électrique appliquée pendant la mesure. Hormis le courant de mesure, il existe un courant de charge qui polarise et/ou charge électrostatiquement le matériel, indiqué par une décroissance asymptotique du courant de mesure avec le temps, et qui est la cause d'un changement apparent de la résistance. Si cet effet est observé, il est recommandé de renouveler la mesure immédiatement après écoulement d'un laps de temps d'application de la tension défini, en utilisant la polarité inverse pour le courant de mesure et en établissant la moyenne des deux valeurs obtenues.

## ÉLECTROSTATIQUE –

### Partie 2-3: Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux solides destinés à éviter les charges électrostatiques

#### 1 Domaine d'application

Cette partie de l'IEC 61340 décrit les méthodes d'essai permettant de déterminer la résistance électrique et la résistivité des matériaux solides utilisés pour éviter les charges électrostatiques, pour lesquels la résistance mesurée se trouve dans la plage comprise entre  $10^4 \Omega$  et  $10^{12} \Omega$ .

Elle prend en compte les normes IEC/ISO existantes et autres publications applicables. Elle fournit aussi des recommandations et des lignes directrices sur la méthode appropriée.

#### 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 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*

IEC 62631-3-2, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle*

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*

ISO 1853, *Conducting and dissipative rubbers, vulcanized or thermoplastic – Measurement of resistivity* (disponible en anglais seulement)

ISO 2951, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of insulation resistance* (disponible en anglais seulement)

ISO 3915, *Plastiques – Mesurage de la résistivité des plastiques conducteurs*

ISO 7619-1, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la dureté par pénétration – Partie 1: Méthode au duromètre (dureté Shore)*

#### 3 Termes et définitions

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

**3.1****électrode**

conducteur de forme, de taille et de configuration définies en contact avec les éprouvettes soumises à la mesure

**3.2****résistance** $R$ 

rapport d'une tension en courant continu (V) appliquée entre deux points et du courant en régime établi (A) entre les deux points

Note 1 à l'article: La résistance est exprimée en ohms.

**3.3****résistance de mise à la terre** $R_g$ 

résistance mesurée entre une électrode placée sur la surface d'une éprouvette d'essai et une terre locale

Note 1 à l'article: La résistance de mise à la terre est exprimée en ohms.

**3.4****résistance de point de mise à la terre** $R_{gp}$ 

résistance mesurée entre une électrode placée sur la surface d'une éprouvette d'essai et un point de mise à la terre fixé sur l'éprouvette d'essai

Note 1 à l'article: La résistance de point de mise à la terre est exprimée en ohms.

**3.5****résistance point à point** $R_{pp}$ 

résistance mesurée entre deux électrodes placées à une distance spécifiée l'une de l'autre sur la même surface d'une éprouvette d'essai

Note 1 à l'article: La résistance point à point est exprimée en ohms.

**3.6****résistance superficielle** $R_s$ 

résistance mesurée entre une électrode en forme de disque central et une électrode en forme d'anneau concentrique autour de la précédente, placées sur la surface d'une éprouvette d'essai

Note 1 à l'article: La résistance superficielle est exprimée en ohms.

**3.7****résistivité superficielle** $\rho_s$ 

résistivité équivalente à la résistance superficielle d'une surface carrée dotée d'électrodes aux deux côtés opposés

Note 1 à l'article: L'unité SI de la résistivité superficielle ( $\Omega$ ) est parfois désignée  $\Omega/\text{sq}$  (ohms par carré), afin de distinguer les valeurs de résistivité des valeurs de résistance. Toutefois, l'utilisation de  $\Omega/\text{sq}$  est déconseillée car elle peut suggérer une résistance par surface unitaire, ce qui est incorrect.

**3.8****résistance transversale** $R_v$ 

résistance mesurée entre deux électrodes placées sur les surfaces opposées d'une éprouvette d'essai

Note 1 à l'article: La résistance transversale est exprimée en ohms.

### **3.9 résistivité transversale**

$\rho_v$

rapport d'une intensité de champ en courant continu (V/m) et de la densité du courant en régime permanent (A/m<sup>2</sup>) dans le matériau

Note 1 à l'article: En pratique, il est équivalent à la résistance transversale d'un cube de longueur unitaire, ayant des électrodes aux deux surfaces opposées.

Note 2 à l'article: La résistivité transversale n'est pas une caractéristique appropriée pour les matériaux électriquement non homogènes.

Note 3 à l'article: La résistivité transversale est exprimée en ohmmètres.

## **4 Environnement d'essai et de conditionnement**

Le comportement électrostatique des matériaux est influencé par les conditions environnementales telles que la température et l'humidité relative.

C'est pourquoi les mesures doivent être exécutées dans des conditions contrôlées. La sélection des conditions appropriées pour les essais doit être décidée en fonction du type de matériau (spécification de produit) et de l'application prévue, sur la base des conditions les plus sévères susceptibles d'intervenir à l'usage (par exemple, humidité la plus faible et humidité la plus élevée).

Sauf accord contraire, l'atmosphère pour le conditionnement et les essais doit être de  $(23 \pm 2)$  °C de température et de  $(12 \pm 3)$  % d'humidité relative, et le temps de conditionnement avant les essais doit être de 24 h au moins.

S'il est nécessaire de vérifier que la résistance mesurée n'est pas inférieure à une limite minimum, un essai supplémentaire dans des conditions de forte humidité doit être effectué. Sauf accord contraire, l'atmosphère pour le conditionnement et les essais dans des conditions de forte humidité doit être de  $(23 \pm 2)$  °C de température et de  $(60 \pm 10)$  % d'humidité relative, tandis que le temps de conditionnement avant les essais doit être de 24 h au moins.

Sauf spécification contraire, les éprouvettes doivent normalement être conditionnées et mesurées sous le même climat. Le préconditionnement peut toutefois être nécessaire afin d'éliminer les effets de contrainte apparaissant après le procédé de moulage de certains matériaux en plastique ou en tant que traitement de séchage avant le début de la procédure d'essai. Le préconditionnement s'effectue normalement dans un environnement différent.

Les dispositifs adéquats sont les suivants: un dessiccateur dans un four ou une chambre climatique, de préférence équipés de circulation et d'échange forcés d'air.

## **5 Sélection de la méthode d'essai**

Pour les matériaux planaires, la procédure suivante doit être utilisée en vue de la sélection de la méthode d'essai:

- a) si la plage de la résistance électrique d'un matériau est connue, utiliser l'article applicable (Article 6, 7, 8 ou 10), où figure la liste des normes appropriées ou bien la description des méthodes;
- b) pour un matériau de résistivité initialement non connue, commencer les mesures à l'aide des méthodes pour matériaux conducteurs conformément à l'Article 6.

Si la mesure n'est pas possible ou si le résultat obtenu excède la plage donnée pour l'application de la méthode d'essai, elle doit être considérée comme inadéquate et le résultat

ne doit pas être pris en compte. La mesure doit être renouvelée conformément à l'Article 8 ou à l'Article 10 pour les matériaux dissipatifs électrostatiques. Si la situation décrite ci-dessus se produit de nouveau, la mesure doit être renouvelée conformément à l'Article 7 pour les matériaux isolants.

Pour les matériaux non planaires et les produits dont les structures sont trop petites pour permettre d'utiliser les ensembles d'électrodes décrits en 8.2, la méthode décrite à l'Article 10 doit être utilisée.

Si le résultat de la mesure réalisée à l'aide de la méthode décrite à l'Article 10 est inférieur à  $10^4 \Omega$  ou supérieur à  $10^{12} \Omega$ , et si la forme ou les dimensions du matériau à l'essai n'autorisent pas les mesures selon l'Article 6 ou l'Article 7, le résultat de l'essai doit être indiqué sous la forme " $<10^4 \Omega$ " ou " $>10^{12} \Omega$ ".

## **6 Mesures de la résistance des matériaux conducteurs solides**

La résistance des matériaux conducteurs solides (non métalliques) doit être mesurée conformément à l'ISO 3915 pour les plastiques, ou à l'ISO 1853 pour les élastomères. Si la résistance mesurée est supérieure ou égale à  $10^4 \Omega$ , utiliser les méthodes décrites aux Articles 7, 8 ou 10.

## **7 Mesures de la résistance des matériaux isolants solides**

La résistance des matériaux isolants solides doit être mesurée conformément à l'IEC 62631-3-1, l'IEC 62631-3-2 ou l'IEC 62631-3-3 pour les plastiques, et à l'ISO 2951 pour les élastomères.

## **8 Mesures de résistance de matériaux dissipatifs électrostatiques planaires (destinés à éviter la charge électrostatique)**

### **8.1 Instrumentation**

#### **8.1.1 Généralités**

L'instrumentation peut comprendre soit une alimentation continue et un ampèremètre, soit un instrument intégré (ohmmètre). Les réglementations de sécurité nationales doivent être respectées.

#### **8.1.2 Instrumentation utilisée pour les évaluations en laboratoire**

La tension de sortie en charge doit s'élever à  $(100 \pm 5) \text{ V}$  pour les mesures de  $1 \times 10^6 \Omega$  et supérieures, et à  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$  pour celles inférieures à  $1 \times 10^6 \Omega$ .

Si un ohmmètre est utilisé, les relevés doivent être possibles au moins de  $1 \times 10^3 \Omega$  à  $1 \times 10^{13} \Omega$ , avec une précision de  $\pm 10 \%$ .

Si une alimentation continue et un ampèremètre sont utilisés, les lectures doivent être possibles au moins de 10 pA à 10 mA. La précision combinée de l'alimentation continue et de l'ampèremètre doit être de  $\pm 10 \%$ .

#### **8.1.3 Instrumentation utilisée pour les essais d'approbation**

Une instrumentation pour les évaluations en laboratoire ou une instrumentation respectant les exigences suivantes doit être utilisée pour les essais d'approbation.

La tension de circuit ouvert doit s'élever à  $(100 \pm 5)$  V pour les mesures de  $1 \times 10^6 \Omega$  et supérieures, et à  $(10,0 \pm 0,5)$  V pour celles inférieures à  $1 \times 10^6 \Omega$ .

Si un ohmmètre est utilisé, les relevés doivent être possibles au moins de  $1 \times 10^3 \Omega$  à  $1 \times 10^{13} \Omega$ , avec une précision de  $\pm 20$  %.

Si une alimentation continue et un ampèremètre sont utilisés, les relevés doivent être possibles au moins de 10 pA à 10 mA avec une précision de  $\pm 20$  %.

En cas de litige, l'instrumentation pour les évaluations en laboratoire doit être utilisée.

#### **8.1.4 Instrumentation utilisée pour la vérification de la conformité (essais périodiques)**

Une instrumentation respectant les exigences relatives aux évaluations en laboratoire ou aux essais d'approbation, ou une instrumentation respectant les exigences suivantes doit être utilisée.

L'instrumentation utilisée pour la vérification de la conformité doit être capable d'effectuer des mesures d'un ordre d'amplitude au-dessus et au-dessous de la plage de mesure prévue. La tension de sortie de l'instrumentation utilisée pour la vérification de la conformité peut varier de celle de l'instrumentation utilisée pour les évaluations en laboratoire ou pour les essais d'approbation, et peut être définie en charge ou en circuit ouvert. L'instrumentation utilisée pour la vérification de la conformité doit être vérifiée par rapport à l'instrumentation utilisée pour les évaluations en laboratoire ou pour les essais d'approbation afin de s'assurer de la corrélation entre les résultats de mesure.

En cas de litige, l'instrumentation pour les essais d'approbation ou pour les évaluations en laboratoire doit être utilisée.

## **8.2 Ensembles d'électrodes**

### **8.2.1 Généralités**

Les électrodes doivent comprendre un matériau permettant un contact intime avec la surface de l'éprouvette et n'introduisant aucune erreur significative du fait de la résistance de l'électrode ou de la contamination de l'éprouvette. Le matériau de l'électrode doit être résistant à la corrosion dans des conditions d'essai et ne doit causer aucune réaction chimique avec le matériau à l'essai.

Les ensembles décrits dans les paragraphes ci-après sont recommandés, mais d'autres configurations répondant aux Normes nationales et internationales peuvent aussi être utilisées, si applicables. En particulier, pour les mesures de la résistance transversale des matériaux dissipatifs électrostatiques, il est important que les sondes appliquées de type anneau gardé contiennent un espace suffisant entre l'électrode de contact (garde) à anneau et l'électrode centrale (de mesure), et ce afin de réduire le plus possible les courants de fuite qui faussent les lectures. Il est recommandé que l'intervalle  $g$  soit au minimum de 10 mm. En cas de litige, les ensembles décrits dans cette norme doivent être appliqués.

### **8.2.2 Ensemble pour la mesure de la résistance de surface**

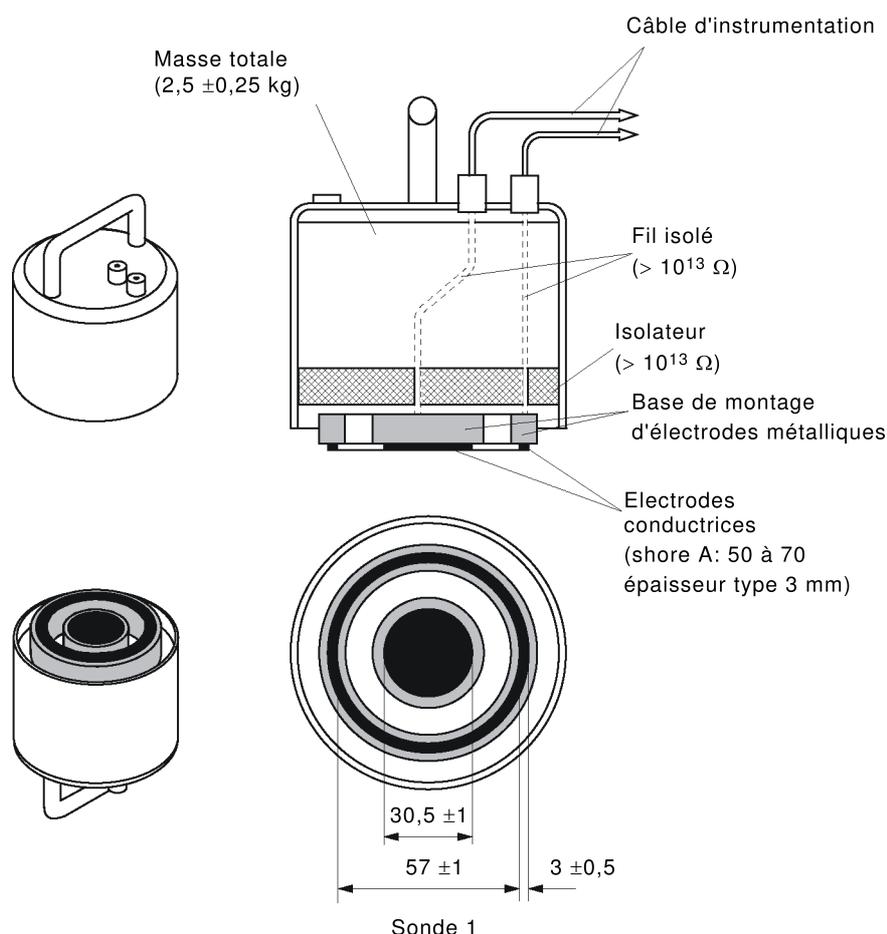
L'ensemble d'électrodes (sonde 1) contient un disque central et un anneau concentrique autour de ce dernier en matériaux conducteurs qui établissent le contact avec le matériau à l'essai (voir Figure 1). La masse totale de l'ensemble d'électrodes doit être de  $(2,5 \pm 0,25)$  kg.

Le matériau de la surface de contact doit avoir une résistance transversale inférieure à  $10^3 \Omega$  au moment de l'essai sur une plaque de métal inoxydable non corrosive (sans aluminium) utilisée comme contre-électrode en appliquant  $(10,0 \pm 0,5)$  V, et doit avoir une dureté Shore A de 50 à 70 au moment de l'essai réalisé conformément à l'ISO 7619-1.

Les matériaux isolants utilisés dans l'ensemble d'électrodes doivent posséder une résistance superficielle et/ou transversale supérieure à  $10^{13} \Omega$  au moment de l'essai réalisé conformément à l'IEC 62631-3-1 et/ou l'IEC 62631-3-2 respectivement.

Le matériau à l'essai doit être placé sur un support isolant conforme à la description fournie en 8.2.5.

*Dimensions en millimètres*



IEC

**Figure 1 – Exemple d'ensemble pour la mesure de la résistance superficielle et transversale**

### 8.2.3 Ensemble pour la mesure de la résistance transversale

L'ensemble est constitué de deux électrodes placées sur chaque côté du matériau à l'essai (voir Figure 4). L'ensemble d'électrodes du haut (sonde 1) doit être conforme à la description fournie en 8.2.2 et à la Figure 1.

L'électrode du bas (sonde 2) doit être une plaque de métal inoxydable, non corrosive (sans aluminium) et suffisamment large pour supporter l'éprouvette à l'essai. La sonde 2 doit être équipée d'une borne de connexion permanente (par exemple, un trou de fiche ou un connecteur riveté). Il convient de ne pas utiliser de pinces crocodile.

Il convient qu'elle soit placée sur un support isolant conforme à la description fournie en 8.2.5 avant l'essai, ou qu'elle soit équipée de pieds fournissant une isolation équivalente.

#### 8.2.4 Ensemble pour la mesure de résistance à la terre/résistance du point de mise à la terre et point à point

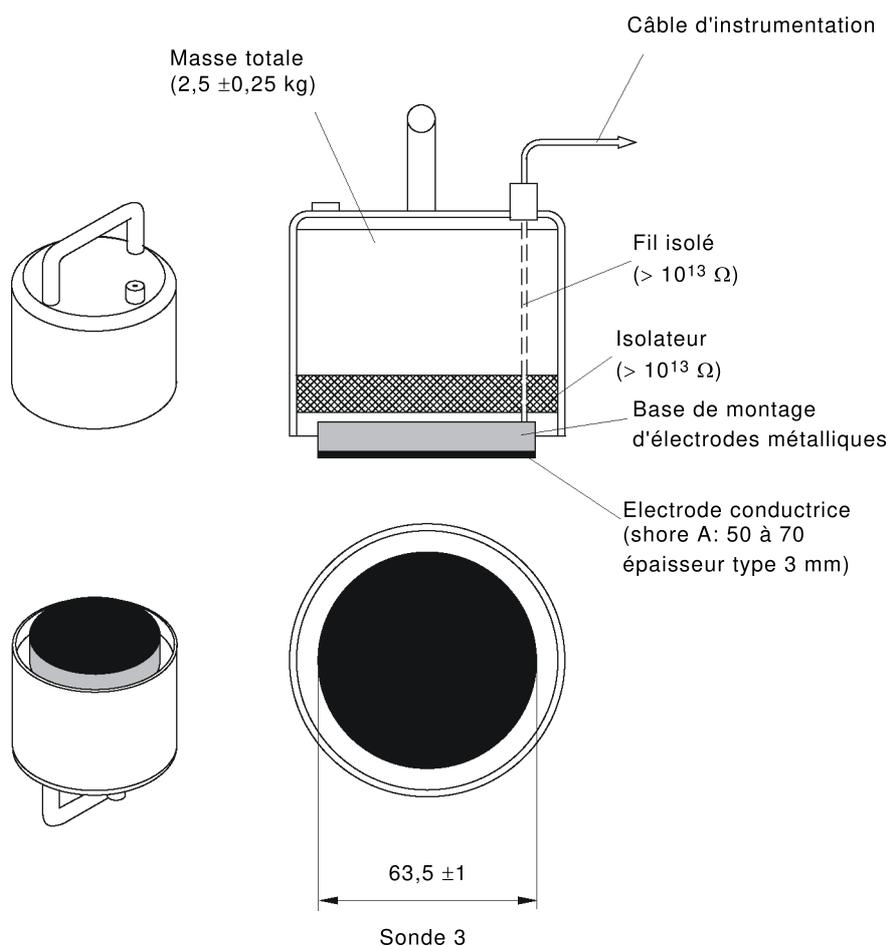
L'ensemble est constitué d'une électrode (résistance à la terre /point de mise à la terre) ou de deux électrodes (résistance point à point) (sonde 3) contenant un disque fait d'un matériau conducteur qui établit le contact avec le matériau à l'essai (voir Figure 2). La masse totale de l'ensemble d'électrodes doit être de  $(2,5 \pm 0,25)$  kg.

Le matériau superficiel de contact doit être suffisamment conducteur pour que les deux sondes placées sur une surface métallique (par exemple, sonde 2) aient une résistance point à point de moins de  $10^3 \Omega$  au moment de l'essai avec  $(10,0 \pm 0,5)$  V, et doit avoir une dureté Shore A de 50 à 70 au moment de l'essai selon ISO 7619-1.

Les matériaux isolants utilisés dans l'ensemble d'électrodes doivent posséder une résistance superficielle et/ou transversale supérieure à  $10^{13} \Omega$  au moment de l'essai réalisé conformément à l'IEC 62631-3-1 et/ou l'IEC 62631-3-2 respectivement.

Le matériau à l'essai doit être placé sur un support isolant conforme à la description fournie en 8.2.5.

*Dimensions en millimètres*



IEC

**Figure 2 – Exemple d'ensemble pour la mesure de la résistance à la terre/point de mise à la terre et résistance point à point**

### 8.2.5 Support d'essai

Le matériau doit être soumis à l'essai sur un support plat et lisse dont la résistance superficielle est supérieure à  $1 \times 10^{13} \Omega$ , mesurée selon l'IEC 62631-3-2. La taille doit être supérieure de 10 mm au moins en longueur et en largeur comparée à celle de l'éprouvette d'essai. L'épaisseur minimale doit être de 1 mm.

### 8.3 Préparation et traitement des échantillons

Se référer aux spécifications de matériaux applicables pour les instructions d'échantillonnage. Les éprouvettes ne doivent pas être traitées ou marquées sur des surfaces sur lesquelles les mesures sont effectuées. Si les surfaces sur lesquelles les électrodes établissent un contact ont été traitées de nouveau, cette opération doit figurer dans le rapport d'essai. Lorsque la résistance superficielle doit être mesurée, la surface ne doit pas être nettoyée, sauf accord ou spécification contraire. S'agissant de l'application des électrodes, ainsi que du traitement et du montage des éprouvettes pour les mesures, il est nécessaire de faire en sorte de limiter la possibilité de création de chemins de fuite qui peuvent affecter défavorablement les résultats d'essais.

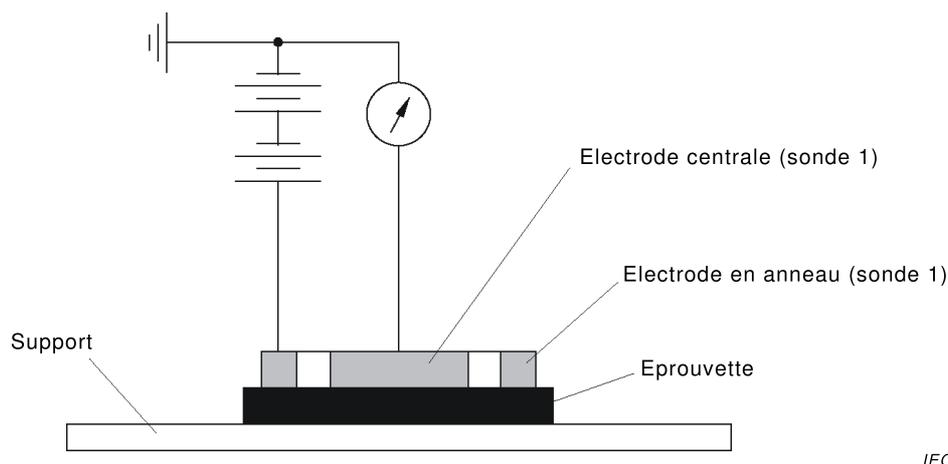
Les éprouvettes doivent, de préférence, posséder une forme géométrique simple sous la forme de feuilles avec une taille d'au moins 80 mm × 120 mm ou un diamètre de 110 mm.

Si aucun autre règlement n'est imposé, un minimum de trois éprouvettes représentatives du matériau d'éprouvette doit être préparé. La surface à l'essai doit être clairement marquée ou identifiée d'une autre manière.

### 8.4 Procédures d'essai

#### 8.4.1 Mesures de résistance superficielle

L'ensemble d'électrodes décrit en 8.2.2 est connecté à l'instrumentation (voir Figure 3). L'éprouvette doit être placée sur le support d'essai avec la surface à soumettre à l'essai vers le haut. L'ensemble d'électrodes est alors mis en position sur le centre approximatif de l'éprouvette ou à une distance d'au moins 10 mm des bords.



IEC

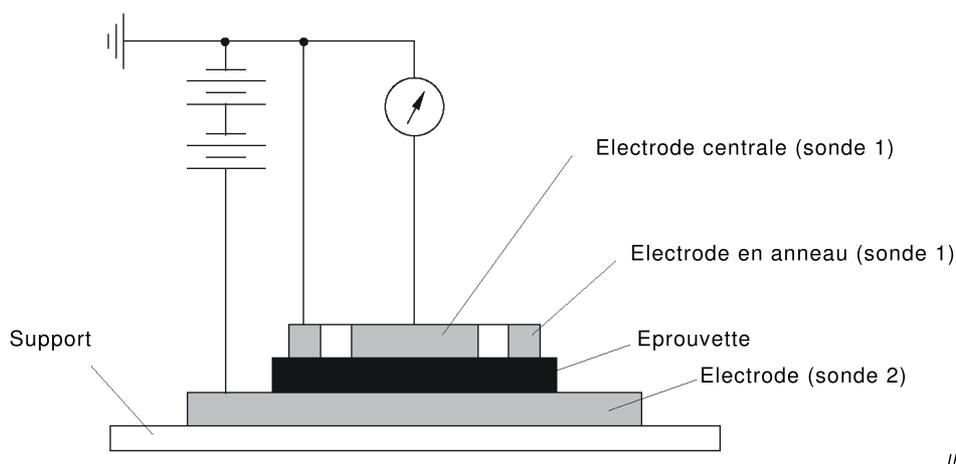
**Figure 3 – Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance superficielle**

Mettre sous tension l'instrumentation à  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$  et consigner le relevé après  $(15 \pm 1) \text{ s}$ , sauf spécification contraire. Si la résistance indiquée est inférieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , reporter la valeur et passer à l'éprouvette suivante. Si la résistance indiquée est égale ou supérieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , mettre l'instrumentation hors tension et renouveler la procédure en utilisant

( $100 \pm 5$ ) V. Consigner la résistance indiquée après la période d'application de la tension déterminée en A.1.2.

#### 8.4.2 Mesures de résistance transversale

Les ensembles d'électrodes décrits en 8.2.2 sont connectés à l'instrumentation (voir Figure 4). L'électrode du bas (sonde 2) est alors placée d'abord sur le support d'essai et l'éprouvette est posée dessus. Ensuite, l'électrode du haut (sonde 1) est mise en position sur le centre approximatif de l'éprouvette ou à une distance d'au moins 10 mm des bords.



**Figure 4 – Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance transversale**

Mettre sous tension l'instrumentation à ( $10,0 \pm 0,5$ ) V et consigner le relevé après ( $15 \pm 1$ ) s, sauf spécification contraire. Si la résistance indiquée est inférieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , reporter la valeur et passer à l'éprouvette suivante. Si la résistance indiquée est égale ou supérieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , mettre l'instrumentation hors tension et renouveler la procédure en utilisant ( $100 \pm 5$ ) V. Consigner la résistance indiquée après la période d'application de la tension déterminée en A.2.2.

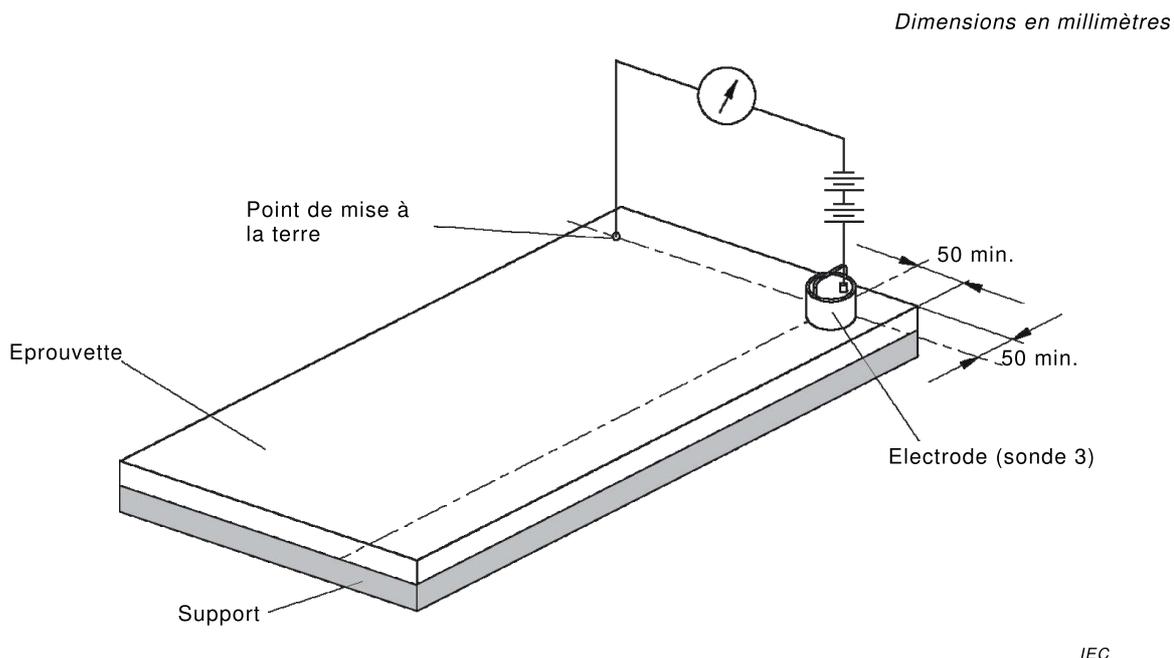
S'il est exigé une évaluation de la résistivité transversale, l'épaisseur moyenne  $h$  de chaque éprouvette doit être déterminée avant toute mesure, d'après les instructions données dans la spécification de produit applicable.

#### 8.4.3 Mesures de résistance de point de mise à la terre

##### 8.4.3.1 Mesures sur des éprouvettes de laboratoire

Les éprouvettes d'essai doivent être équipées d'un point de connexion à la terre représentatif. Placer l'éprouvette d'essai sur le support d'essai avec la surface à soumettre à l'essai vers le haut. Connecter un ensemble d'électrodes (sonde 3) sur la surface de l'éprouvette de sorte que le centre de l'ensemble d'électrodes se trouve à une distance minimale de 50 mm des bords ou du point de mise à la terre utilisé (voir Figure 5). Connecter l'ensemble d'électrodes à une connexion de l'instrumentation et le point de mise à la terre à l'autre connexion.

Mettre sous tension l'instrumentation à ( $10,0 \pm 0,5$ ) V et consigner le relevé après ( $15 \pm 1$ ) s si la résistance indiquée est inférieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ . Passer alors à la position suivante ou à l'éprouvette suivante. Si la résistance indiquée est supérieure ou égale à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , mettre l'instrumentation hors tension et répéter la procédure en utilisant ( $100 \pm 5$ ) V.



**Figure 5 – Principe de la mesure de résistance du point de mise à la terre**

#### 8.4.3.2 Mesures sur des matériaux installés

Connecter un ensemble d'électrodes (sonde 3) sur la surface de l'éprouvette à une distance minimale de 50 mm des bords ou du point de mise à la terre utilisé (voir Figure 5). Connecter l'ensemble d'électrodes à une connexion de l'instrumentation et le point de mise à la terre à l'autre connexion.

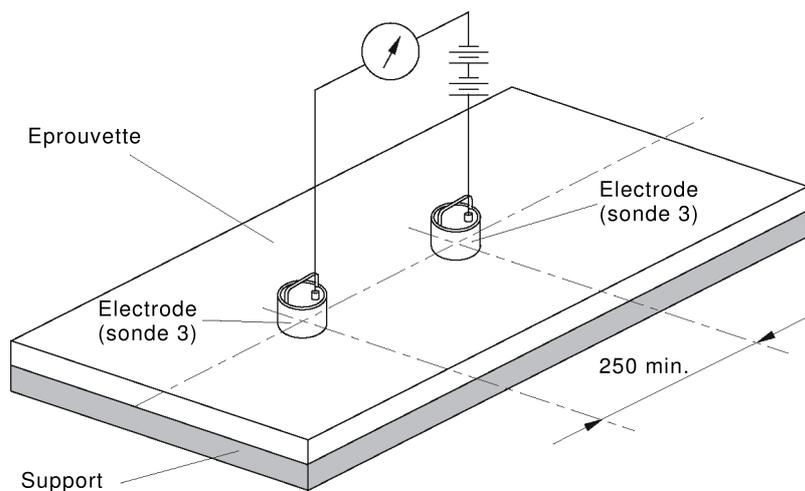
Mettre sous tension l'instrumentation à  $(10,0 \pm 0,5)$  V et consigner le relevé après  $(15 \pm 1)$  s si la résistance indiquée est inférieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ . Passer alors à la position suivante ou à l'éprouvette suivante. Si la résistance indiquée est supérieure ou égale à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , mettre l'instrumentation hors tension et répéter la procédure en utilisant  $(100 \pm 5)$  V.

Certains instruments de mesure peuvent exiger un système de connexion d'essai particulier pour réaliser correctement les mesures de mise à la terre. Il convient que le conducteur de l'équipement mis à la terre soit isolé du conducteur de mesure. De plus, la connexion d'essai à fort potentiel peut exiger d'être raccordée au point de connexion à la terre du système à l'essai. Consulter les instructions du fabricant de l'instrument pour l'installation des connexions d'essai.

#### 8.4.4 Mesures de résistance point à point

Connecter deux ensembles d'électrodes (sondes 3) décrits en 8.2.4, à l'instrumentation. L'éprouvette doit être placée sur le support d'essai avec la surface à soumettre à l'essai vers le haut. Les sondes doivent alors être placées sur la surface de l'éprouvette selon une position spécifiée ou, si applicable, selon un autre choix de position, à une distance minimale de 250 mm de leurs axes longitudinaux et d'au moins 50 mm des bords de l'éprouvette (voir Figure 6).

Mettre sous tension l'instrumentation à  $(10,0 \pm 0,5)$  V et consigner le relevé après  $(15 \pm 1)$  s si la résistance indiquée est inférieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ . Passer alors à la position suivante ou à l'éprouvette suivante. Si la résistance indiquée est supérieure ou égale à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , mettre l'instrumentation hors tension et répéter la procédure en utilisant  $(100 \pm 5)$  V.



IEC

Figure 6 – Principe des mesures point à point

## 9 Conversion en valeurs de résistivité

### 9.1 Résistivité superficielle $\rho_s$

Utiliser la formule suivante selon la Figure 7:

$$\rho_s = 2\pi \cdot R_s / \log_e(d_2/d_1)$$

$$d_2 = d_1 + 2g$$

où

$\rho_s$  est la résistivité superficielle ( $\Omega$ );

$R_s$  est la résistance superficielle mesurée ( $\Omega$ );

$d_1$  est le diamètre de l'électrode de contact centrale (m);

$d_2$  est le diamètre intérieur de l'électrode de contact extérieure en anneau (m);

$g$  est la distance (l'intervalle) entre les électrodes de contact (m).

### 9.2 Résistivité transversale $\rho_v$

Utiliser la formule suivante selon la Figure 7:

$$\rho_v = R_v (d_1)^2 \cdot \pi / 4h$$

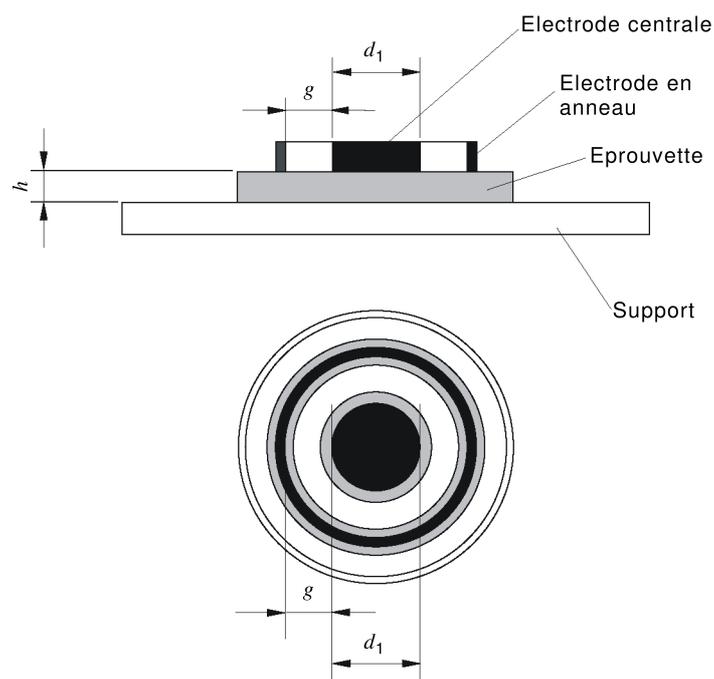
où

$\rho_v$  est la résistivité transversale ( $\Omega\text{m}$ );

$R_v$  est la résistance transversale mesurée ( $\Omega$ );

$d_1$  est le diamètre de l'électrode de contact centrale (m);

$h$  est l'épaisseur de l'éprouvette (m).



IEC

**Figure 7 – Configuration relative à la conversion en résistivité superficielle ou transversale**

## 10 Mesures de résistance de matériaux et produits non planaires à petites structures

### 10.1 Considérations générales

Cette méthode est recommandée pour les essais d'éléments dont les surfaces sont de forme irrégulière. Les configurations conventionnelles d'électrodes en forme d'anneaux concentriques et de barres parallèles sont utilisées pour les essais d'éléments planaires seulement. Toutefois, la plupart des éléments d'emballage ne sont pas planaires. C'est le cas, par exemple, des tubes d'expédition, des plateaux d'expédition, des bacs de manutention et des bandes de support. Cette sonde emploie des ressorts pour appliquer une pression de contact continue entre l'électrode et l'élément. La force créée par les ressorts peut varier du fait de l'usure, de la contamination et de la tolérance de fabrication. Cette variation est acceptable pour cette application. Les électrodes en élastomère compensent les surfaces irrégulières des éléments. Ces caractéristiques produisent des résultats homogènes entre les laboratoires et les opérateurs d'essai.

### 10.2 Equipement

#### 10.2.1 Sonde

Voir Tableau 1 et Figure 8.

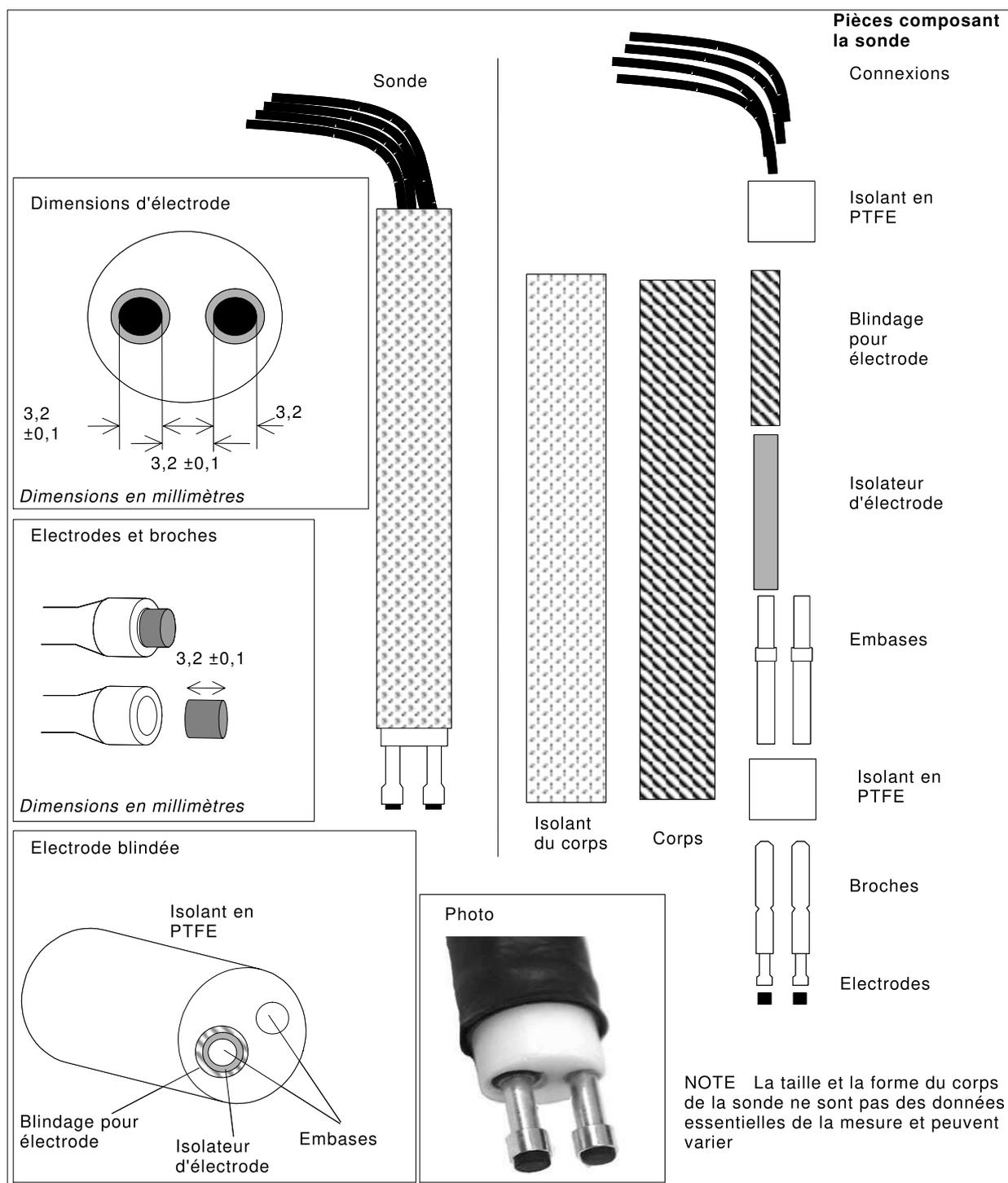
Cette sonde à deux points est constituée d'un corps métallique isolé et d'un isolateur en polytétrafluoroéthylène (PTFE) inséré à chaque extrémité. Un isolateur contient des cordons d'essai; l'autre contient des embases qui accueillent des broches à ressort. Une embase est entourée d'un isolateur cylindrique, lui-même entouré d'une protection métallique. Les broches sont plaquées or et ont une force de ressort de  $(4,6 \pm 0,5)$  N sur une course de  $(4,3 \pm 0,1)$  mm. Les embouts des broches sont usinés pour accepter des électrodes à ajustement serré en caoutchouc conducteur d'un diamètre de  $(3,2 \pm 0,1)$  mm. Le caoutchouc a une dureté Shore A au duromètre de 50 à 70 (voir l'ISO 7619-1). Les électrodes ont une longueur de  $(3,2 \pm 0,1)$  mm. Le matériau de l'électrode doit être suffisamment conducteur

pour que même en cas d'essai sur une plaque de métal inoxydable non corrosive (sans aluminium), la résistance point à point soit inférieure à  $10^3 \Omega$  à  $(10,0 \pm 0,5) V$ .

Le Tableau 1 donne la liste des principaux composants de la Figure 8.

**Tableau 1 – Matériau pour une sonde à deux points**

Article	Détail	Exemple <sup>a</sup>
Isolants en PTFE	Environ 25,4 mm de longueur et 12,7 mm de diamètre	
Blindage pour électrode	Tube métallique d'environ 31,8 mm de longueur et 4,75 mm de diamètre	
Isolateur d'électrode	PTFE thermorétractable ou autre isolateur	
Embases	Embase – avec fût à souder	Interconnect Devices Inc., R-5-SC
Broches	La force des broches à ressort est de $(4,6 \pm 0,5) N$ sur une course de $(4,3 \pm 0,1) mm$ ; embout usiné pour accepter l'électrode	Interconnect Devices Inc., S-5-F-16.4-G
Electrodes	Matériau métallique conducteur $(3,2 \pm 0,1) mm$ de longueur, $(3,2 \pm 0,1) mm$ de diamètre, dureté Shore A au duromètre entre 50 et 70 (ISO 7619-1)	Vanguard Products, VC-7815
NOTE Cette liste de matériaux pour la fabrication des sondes n'a pas vocation à être complète, mais elle fournit les principaux éléments nécessaires à la reproduction des performances. Voir Figure 8 pour le placement des pièces.		
<sup>a</sup> Les pièces de cette liste sont des exemples de produits adaptés disponibles dans le commerce. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne saurait constituer un engagement de l'IEC à l'égard de ces produits. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.		



IEC

**Figure 8 – Configuration d'une sonde à deux points**

### 10.2.2 Surface de support des échantillons

Une surface isolante, lorsqu'elle est utilisée comme support d'éprouvette, doit avoir une résistance superficielle supérieure à  $1 \times 10^{13} \Omega$ , mesurée selon l'IEC 62631-3-2.

### 10.2.3 Appareil de mesure de résistance

Un appareil de mesure de résistance tel que spécifié en 8.1 doit être utilisé.

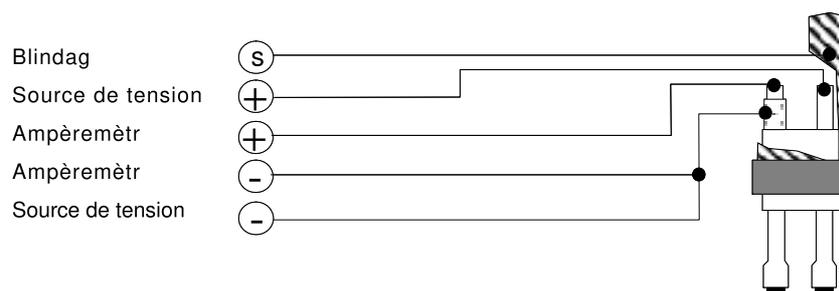
NOTE Un appareil de mesure de sortie constante tel que spécifié en 8.1.2 a été utilisé pour collecter toutes les données permettant de valider cette méthode d'essai normalisée. Les données n'ont pas été collectées pour valider la configuration de cet équipement.

#### 10.2.4 Cordons d'essai

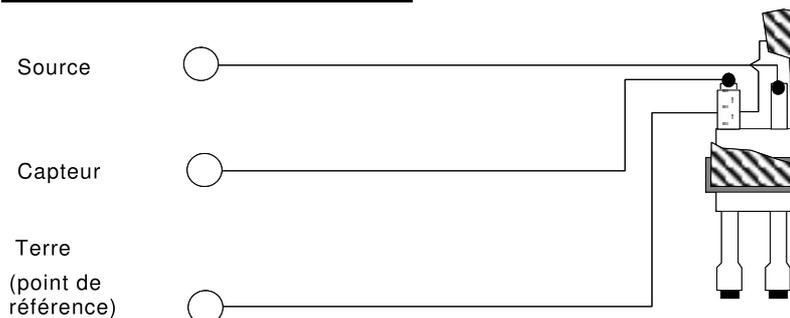
Des cordons d'essai appropriés à l'appareil de mesure sont requis. Un cordon blindé reliant le corps de la sonde à l'instrument réduira sensiblement les interférences électriques (voir Figure 9).

NOTE Les mesures servant à la validation de cette méthode d'essai ont été réalisées à l'aide d'un cordon blindé.

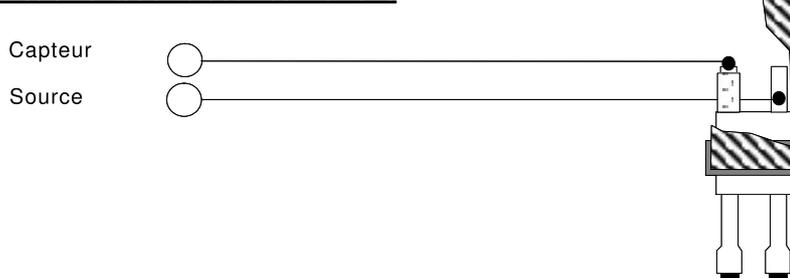
##### Instrumentation à connexion blindée



##### Instrumentation sans connexion blindée

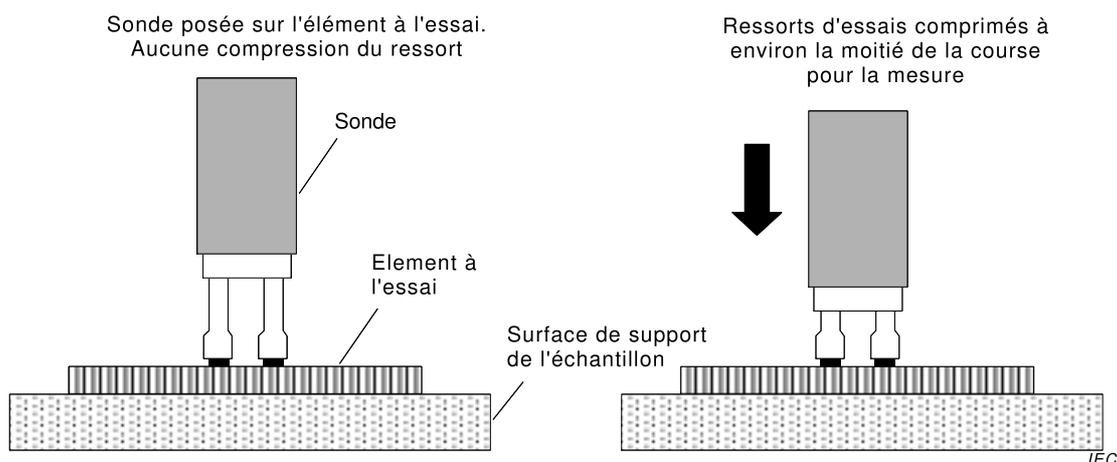


##### Instrumentation à deux connexions



IEC

Figure 9 – Connexion de la sonde à l'instrumentation



**Figure 10 – Compression du ressort pour la mesure**

### 10.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai est la suivante.

- Connecter la sonde à l'appareil de mesure comme représenté à la Figure 9.
- Placer l'éprouvette sur la surface de support des éprouvettes.
- Comprimer les broches à ressort vers le bas à environ la moitié de la course (voir Figure 10).
- Appliquer  $(10,0 \pm 0,5)$  V pendant  $(15 \pm 1)$  s et observer la résistance. Si la résistance mesurée est inférieure à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , consigner la valeur de la résistance et passer à l'étape f) de la liste. Si la résistance est supérieure ou égale à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , passer à l'étape e) de la liste.
- Si la résistance observée à l'étape d) de la liste est supérieure ou égale à  $1,0 \times 10^6 \Omega$ , régler la tension sur  $(100 \pm 5)$  V et répéter la mesure. Enregistrer la valeur de la résistance.
- Répéter l'essai pour chaque éprouvette restante.

NOTE 1 Un changement de taille de l'éprouvette peut affecter les mesures.

NOTE 2 Les mesures de résistance peuvent être affectées par la taille et l'espacement entre les électrodes. Le diamètre de 3,2 mm et l'espacement de 3,2 mm des électrodes ont été sélectionnés pour réaliser des essais sur un grand nombre de types et de tailles d'emballage.

NOTE 3 Les mesures de résistance d'un matériau d'échantillon particulier peuvent varier pour les raisons suivantes:

- variations de composition ou d'épaisseur de la surface de l'échantillon;
- compression de l'échantillon par la force des électrodes;
- variations de la résistance dans le matériau de l'électrode;
- changement des propriétés du matériau du fait du courant de mesure;
- propreté des électrodes ou de l'échantillon.

NOTE 4 L'essai de différents matériaux d'électrode indique que l'utilisation de matériaux en caoutchouc plus durs que ceux spécifiés crée des variations plus importantes dans les relevés.

## 11 Répétabilité et reproductibilité

La résistance d'une éprouvette donnée varie en fonction des conditions d'essai, et s'agissant des matériaux, il est normal qu'ils soient non uniformes. De ce fait, la reproductibilité des déterminations ne dépasse pas habituellement  $\pm 10\%$ , et celles-ci sont parfois encore plus largement divergentes (une plage de valeurs d'un ordre d'amplitude peut être obtenue dans

des conditions apparemment identiques). La capacité de comparaison des mesures sur des éprouvettes similaires exige d'effectuer des essais avec des gradients de tension similaires.

La répétabilité de ces méthodes d'essai se situe par hypothèse approximativement dans une plage d'un demi-ordre d'amplitude. Si la valeur moyenne pour une série d'essais en laboratoire est de  $5 \times 10^{10} \Omega$ , l'étendue prévisible des valeurs est comprise entre  $2,5 \times 10^{10} \Omega$  et  $7,5 \times 10^{10} \Omega$ .

## 12 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit inclure les informations suivantes:

- a) description et identification du matériau (nom, grade, couleur, fabricant, date de fabrication, etc.);
- b) forme, dimensions et numéro des éprouvettes;
- c) type, matériau et dimensions des sondes (électrodes) si différents de ceux qui sont spécifiés dans cette norme;
- d) conditionnement des éprouvettes (température, humidité relative, durée);
- e) procédures de nettoyage;
- f) conditions d'essai (température et humidité relative au moment de la mesure);
- g) instrumentation (type, informations relatives à l'étalonnage, etc.);
- h) tension d'essai et durée d'application de la tension avec informations complémentaires, si ces paramètres sont fixés ou spécifiés de façon différente;
- i) nombre de mesures, résultats individuels et valeur moyenne;
- j) résistivité superficielle en tant que résultats individuels avec valeur moyenne, si applicable;
- k) résistivité transversale en tant que résultats individuels avec valeur moyenne, si applicable;
- l) résistance à la terre/point de mise à la terre avec identification de positions d'essai, si applicable;
- m) résistance point à point avec identification de positions d'essai, utilisation de la méthode spécifiée à l'Article 8 ou à l'Article 10 si applicable, et distance appliquée entre les axes longitudinaux des sondes si différente de la présente norme;
- n) dates de préparation d'éprouvettes et aptitude des essais;
- o) toutes observations spécifiques au cours de l'essai (par exemple: effets de polarisation).

En l'absence d'instructions dans les normes de produit ou d'autres exigences, une attention particulière doit être accordée à la manière dont les valeurs moyennes sont calculées. Il est courant d'utiliser la moyenne arithmétique pour calculer la valeur moyenne, c'est-à-dire la somme de  $n$  valeurs divisée par  $n$ :

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

où

$\bar{x}$  est la valeur moyenne;

$x_i$  est une valeur individuelle;

$n$  est le nombre de valeurs dont la moyenne doit être calculée.

La moyenne géométrique peut présenter davantage d'intérêt pratique que la moyenne arithmétique lorsqu'elle concerne des valeurs qui varient selon des ordres d'amplitude, comme c'est souvent le cas pour des mesures de résistance. Par exemple, cinq mesures de

résistance peuvent inclure quatre mesures de l'ordre de  $1 \times 10^9 \Omega$  et une mesure de l'ordre de  $1 \times 10^{12} \Omega$ . La moyenne arithmétique est pondérée par la mesure  $1 \times 10^{12} \Omega$ , tandis que la moyenne géométrique ne l'est pas et peut représenter plus précisément la manière globale dont le matériau est susceptible de se comporter en pratique. La moyenne géométrique est calculée en prenant la  $n$ ième racine du produit de  $n$  valeurs:

$$\bar{x} = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}$$

où

$\bar{x}$  est la valeur moyenne;

$x_i$  est une valeur individuelle;

$n$  est le nombre de valeurs dont la moyenne doit être calculée.

Le rapport d'essai doit indiquer si la moyenne arithmétique ou géométrique a été utilisée pour calculer les valeurs moyennes.

## Annexe A (normative)

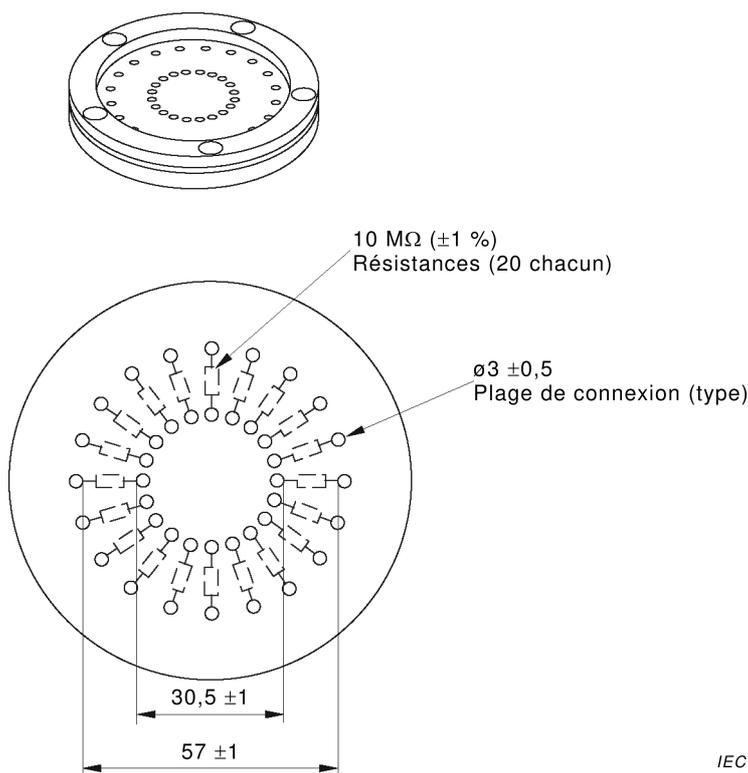
### Vérification de système

#### A.1 Vérification de système pour les mesures de résistance superficielle

##### A.1.1 Appareil et procédure pour la plage de résistance plus faible

L'appareil doit se conformer aux dimensions de l'électrode de l'ensemble décrit en 8.2.2 et posséder 20 surfaces métalliques individuelles ou plages de connexion qui établissent le contact avec la surface d'électrode (intérieure) centrale et 20 plages de connexion identiques qui établissent le contact avec la surface d'électrode (extérieure) en anneau. Les plages de connexion doivent être planes, sans proéminences et être montées sur une surface plane. L'appareil doit comprendre 20 résistances à  $(1,00 \pm 0,01) \times 10^6 \Omega$ . Toutes les résistances doivent être montées sur la face inférieure. Chaque résistance doit être connectée individuellement entre une plage de connexion intérieure et extérieure (voir Figure A.1). Le matériau pour l'appareil doit posséder une résistance transversale d'au moins  $10^8 \Omega$  entre les deux rangées de plages de connexion lorsqu'elles ne sont pas connectées par des résistances, et être soumis à l'essai à  $(100 \pm 5) \text{ V}$ .

*Dimensions en millimètres*



**Figure A.1 – Appareil de vérification de la plage de résistance inférieure pour les mesures de la résistance superficielle**

Avant un essai, le système doit être vérifié comme suit en vue d'un fonctionnement correct.

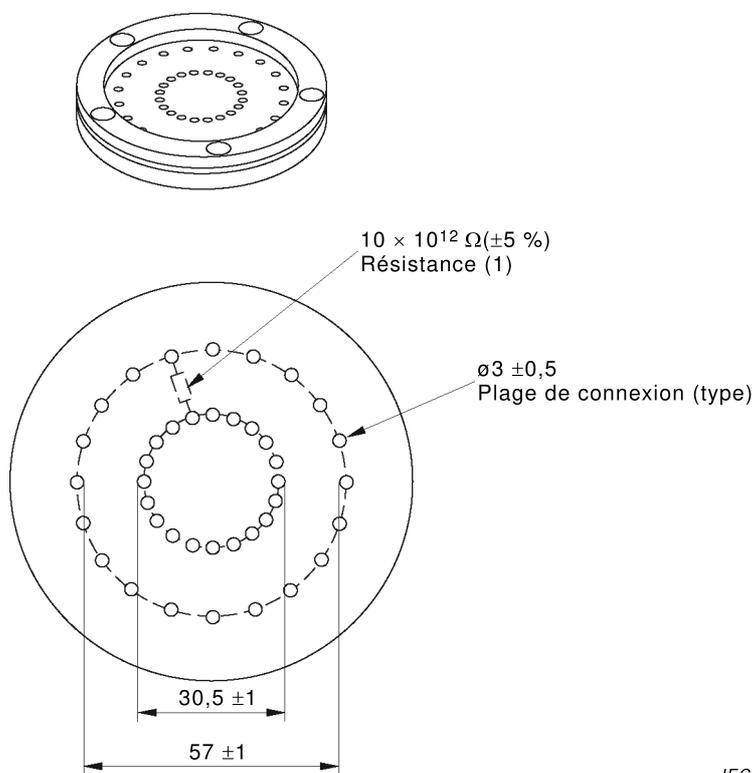
L'ensemble décrit en 8.2.2 est connecté à l'instrumentation conformément à la Figure 3 et ensuite placé sur l'appareil. Une tension de  $(10,0 \pm 0,5) \text{ V}$  doit être appliquée et un relevé effectué après  $(15 \pm 1) \text{ s}$ . Le résultat doit être de  $(5,00 \pm 0,25) \times 10^5 \Omega$ . La vérification est ensuite répétée après une rotation de l'ensemble de  $90^\circ$ .

NOTE La rotation de l'ensemble d'électrodes vérifie la planéité du dispositif et la surface comprise entre les électrodes.

**A.1.2 Appareil et procédure pour la plage de résistance supérieure et détermination de la durée d'application de la tension**

L'appareil doit se conformer aux dimensions de l'électrode de l'ensemble décrit en 8.2.2 et posséder des surfaces métalliques ou des plages de connexion qui établissent le contact avec la surface d'électrode. Les plages de connexion doivent être planes, sans proéminences et être montées sur une surface plane. Les plages de connexion peuvent être liées entre elles par un fil ou des anneaux (circulaires) complets peuvent être utilisés. Elles sont connectées via une résistance unique de  $(1,00 \pm 0,05) \times 10^{12} \Omega$  entre les surfaces de contact centrale (intérieure) et en anneau (extérieure) (voir Figure A.2). Toutes les résistances et le câblage doivent être montés sur la face inférieure. Au moment de l'essai à  $(500 \pm 25)$  V conformément à l'IEC 60167, le matériau pour l'appareil doit avoir une résistance d'isolement d'au moins  $10^{14} \Omega$  entre les deux rangées de plages de connexion, lorsqu'elles ne sont pas connectées par une résistance.

*Dimensions en millimètres*



IEC

**Figure A.2 – Appareil de vérification de la plage de résistance inférieure pour les mesures de la résistance superficielle**

La procédure suivante confirme la capacité du système à mesurer  $1,0 \times 10^{12} \Omega$  et propose une méthode de détermination de la période d'application de la tension décrite ci-dessous.

L'ensemble décrit en 8.2.2 est connecté à l'instrumentation conformément à la Figure 3 et ensuite placé sur l'appareil. Une tension de  $(100 \pm 5)$  V doit être appliquée et un relevé effectué lorsque la valeur affichée a atteint le régime permanent. Si le relevé se situe dans les limites de la plage de tolérance de la résistance, renouveler la procédure cinq fois, tout en enregistrant le temps nécessaire pour que l'instrument indique la valeur en régime établi. La moyenne des cinq enregistrements correspond au temps d'application de la tension. Un complément de 5 s à ce temps donne la période d'application de la tension à utiliser pour mesurer les éprouvettes supérieures à  $10^6 \Omega$ .

## **A.2 Vérification de système pour les mesures de résistance transversale**

### **A.2.1 Appareil et procédure pour la plage de résistance plus faible**

Avant l'essai, le système doit être vérifié comme suit en vue d'un fonctionnement correct.

Connecter les électrodes (sondes 1 et 2) à l'instrumentation selon la Figure 4 mais sans éprouvette entre elles. Insérer ensuite une résistance de  $(5,00 \pm 0,05) \times 10^5 \Omega$  entre la sortie de tension source et la sonde 2. Une tension de  $(10,0 \pm 0,5)$  V doit être appliquée et un relevé effectué après  $(15 \pm 1)$  s. Le résultat doit être de  $(5,00 \pm 0,25) \times 10^5 \Omega$ .

### **A.2.2 Appareil et procédure pour la plage de résistance supérieure et détermination de la durée d'application de la tension**

La procédure suivante confirme la capacité du système à mesurer  $1,0 \times 10^{12} \Omega$  et propose une méthode de détermination de la période d'application de la tension décrite ci-dessous.

Connecter les électrodes (sondes 1 et 2) à l'instrumentation selon la Figure 4 mais sans éprouvette entre elles. Insérer ensuite une résistance de  $(1,00 \pm 0,05) \times 10^{12} \Omega$  entre la sortie de tension source et la sonde 2. Une tension de  $(100 \pm 5)$  V doit être appliquée et un relevé effectué lorsque la valeur affichée a atteint le régime permanent. Si le relevé se situe dans les limites de la plage de tolérance de la résistance, renouveler la procédure cinq fois, tout en enregistrant le temps nécessaire pour que l'instrument indique la valeur en régime établi. La moyenne des cinq enregistrements correspond au temps d'application de la tension. Un complément de 5 s à ce temps donne la période d'application de la tension à utiliser pour mesurer les éprouvettes supérieures à  $10^6 \Omega$ .

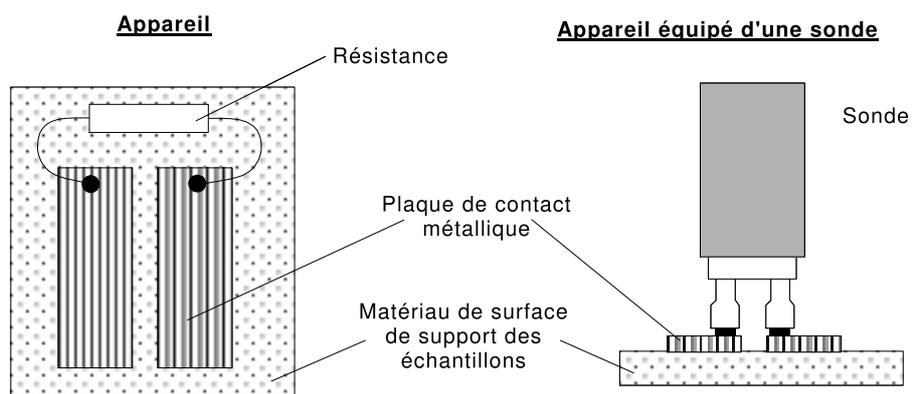
## **A.3 Vérification de système pour les mesures de résistance de matériaux et produits non planaires ayant de petites structures**

### **A.3.1 Appareils de vérification**

L'appareil de vérification de la plage de résistance inférieure doit comprendre une résistance de  $(1,00 \pm 0,01) \times 10^5 \Omega$  composée de deux plaques de contact métalliques. La taille et la forme des plaques doivent être telles que l'électrode de chaque sonde n'entre en contact qu'avec une seule plaque, et que les plaques ne soient pas en contact entre elles. Les plaques peuvent être apposées à un matériau ayant les mêmes propriétés que la surface de support des échantillons. La Figure A.3 présente une configuration possible d'un appareil de vérification de la résistance.

L'appareil de vérification de la plage de résistance supérieure doit comprendre une résistance de  $(1,00 \pm 0,05) \times 10^9 \Omega$  composée de deux plaques de contact métalliques. La taille et la forme des plaques doivent être telles que l'électrode de chaque sonde n'entre en contact qu'avec une seule plaque, et que les plaques ne soient pas en contact entre elles. La longueur et la largeur de chaque plaque doivent être au moins de 3,3 mm (pour les plaques rectangulaires) ou le diamètre doit être au moins de 3,3 mm (pour les plaques circulaires), et l'espace minimum entre les plaques ne doit pas dépasser 3,1 mm. Les plaques peuvent être apposées à un matériau ayant les mêmes propriétés que la surface de support des échantillons. La Figure A.3 présente une configuration possible d'un appareil de vérification de la résistance.

La valeur réelle des résistances doit être mesurée de façon périodique. Cette valeur mesurée doit être utilisée pour vérifier le fonctionnement de la sonde.



IEC

**Figure A.3 – Appareil de vérification de la résistance**

### A.3.2 Procédure de vérification

La procédure de vérification est la suivante:

- Le fonctionnement correct de la sonde doit être vérifié en mesurant des valeurs de résistance connues.
- Connecter la sonde à l'appareil de mesure comme représenté à la Figure 9.
- Placer les électrodes de la sonde sur l'appareil de vérification de la plage de résistance inférieure comme représenté à la Figure A.3.
- Comprimer les broches à ressort vers le bas à environ la moitié de la course (Figure 10).
- Appliquer  $(10,0 \pm 0,5)$  V pendant  $(15 \pm 1)$  s et observer la résistance.
- Enregistrer la valeur de la résistance. Il convient que la valeur se situe à 10 % de la valeur réelle de la résistance.
- Répéter la procédure en utilisant l'appareil de vérification de la plage de résistance supérieure à  $(100 \pm 5)$  V.



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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)