

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61340-2-3

Première édition
First edition
2000-03

Electrostatique –

Partie 2-3:

**Méthodes d'essais pour la détermination de
la résistance et de la résistivité des matériaux
planaires solides destinés à éviter les charges
électrostatiques**

Electrostatics –

Part 2-3:

**Methods of test for determining the resistance
and resistivity of solid planar materials used
to avoid electrostatic charge accumulation**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61340-2-3:2000

Numéros des publications

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

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

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

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

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61340-2-3

Première édition
First edition
2000-03

Electrostatique –

Partie 2-3:

**Méthodes d'essais pour la détermination de
la résistance et de la résistivité des matériaux
planaires solides destinés à éviter les charges
électrostatiques**

Electrostatics –

Part 2-3:

**Methods of test for determining the resistance
and resistivity of solid planar materials used
to avoid electrostatic charge accumulation**

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	10
4 Environnement d'essai et de conditionnement	10
5 Sélection de la méthode d'essai	12
6 Mesures de la résistance des matériaux conducteurs solides.....	12
7 Mesures de résistance des matériaux isolants solides	12
8 Mesures de résistance de matériaux dissipatifs électrostatiques (destinés à éviter la charge électrostatique).....	12
8.1 Instrumentation	14
8.2 Ensembles d'électrodes	14
8.3 Préparation et traitement des échantillons.....	16
8.4 Appareils de vérification de système pour résistance superficielle.....	18
8.5 Vérification de système pour les mesures de résistance transversale	18
8.6 Procédures d'essai.....	20
9 Conversion en valeurs de résistivité	22
9.1 Résistivité superficielle ρ_s	24
9.2 Résistivité transversale ρ_v	24
10 Répétabilité et reproductibilité	24
11 Rapport.....	26
Figure 1 – Ensemble pour la mesure de la résistance superficielle et transversale	28
Figure 2 – Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance superficielle	28
Figure 3 – Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance transversale	30
Figure 4 – Ensemble pour la mesure de la résistance à la terre/ Point de mise à la terre et résistance point à point.....	30
Figure 5 – Appareil de vérification de la gamme de résistance inférieure pour les mesures de la résistance superficielle	32
Figure 6 – Appareil de vérification de la gamme de résistance supérieure pour les mesures de résistance superficielle	34
Figure 7 – Principe de résistance à la terre (mesures du point de mise à la terre).....	36
Figure 8 – Principe des mesures point à point.....	36
Figure 9 – Configuration relative à la conversion en résistivité superficielle ou transversale...	38
Bibliographie	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Conditioning and test environment	11
5 Selection of test method	13
6 Resistance measurements of solid conductive materials	13
7 Resistance measurements of solid insulating materials	13
8 Resistance measurements of electrostatic dissipative materials (used to avoid electrostatic charge accumulation)	13
8.1 Instrumentation	15
8.2 Electrode assemblies	15
8.3 Sample preparation and handling	17
8.4 System verification fixtures for surface resistance	19
8.5 System verification for volume resistance measurements	19
8.6 Test procedures	21
9 Conversion to resistivity values	23
9.1 Surface resistivity ρ_s	25
9.2 Volume resistivity ρ_v	25
10 Repeatability and reproducibility	25
11 Report	27
Figure 1 – Assembly for the measurement of surface and volume resistance	29
Figure 2 – Basic connections of the electrodes for surface resistance measurements	29
Figure 3 – Basic connections of the electrodes for volume resistance measurements	31
Figure 4 – Assembly for the measurement of resistance-to-ground/groundable point and point-to-point resistance	31
Figure 5 – Lower resistance range verification fixture for surface resistance measurements	33
Figure 6 – Upper resistance range verification fixture for surface resistance measurements	35
Figure 7 – Principle of resistance to groundable point measurements	37
Figure 8 – Principle of point-to-point measurements	37
Figure 9 – Configuration for the conversion to surface or volume resistivity	39
Bibliography	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROSTATIQUE –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61340-2-3 a été établie par le comité d'études 101 de la CEI: Electrostatique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
101/71/FDIS	101/79/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROSTATICS –

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

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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.

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

FDIS	Report on voting
101/71/FDIS	101/79/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

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 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 utilisant le 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 l'on observe cet effet, il est recommandé de renouveler la mesure immédiatement après écoulement d'un laps de temps d'application de la tension définie, en utilisant la polarité inverse pour le courant de mesure et en établissant la moyenne des deux valeurs obtenues.

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 d.c. current and instantaneous values of a.c. current in electron conductors (metals, carbon, etc.). Values of resistance measurements using a.c. 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 d.c. 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.

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61340-2-3:2000

ÉLECTROSTATIQUE –

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

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les méthodes d'essai pour la détermination de la résistance électrique et de la résistivité des matériaux solides dans la gamme comprise entre $10^4 \Omega$ et $10^{12} \Omega$ destinés à éviter les charges électrostatiques.

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

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61340. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61340 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur

CEI 60093:1980, *Méthodes pour la mesure de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle des matériaux isolants électriques solides*

CEI 60167:1964, *Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des matériaux isolants solides*

CEI 60212:1971, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 60260:1968, *Enceintes d'épreuve à humidité relative constante fonctionnant sans injection de vapeur*

ISO 1853:1998, *Caoutchoucs vulcanisés ou thermoplastiques conducteurs et dissipants – Mesurage de la résistivité*

ISO 2951:1974, *Elastomères vulcanisés – Détermination de la résistance d'isolement*

ISO 3915:1981, *Plastiques – Mesurage de la résistivité des plastiques conducteurs*

ELECTROSTATICS –

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

1 Scope

This International Standard describes test methods for the determination of the electrical resistance and resistivity of solid materials in the range from $10^4 \Omega$ to $10^{12} \Omega$ used to avoid electrostatic charge accumulation.

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 normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61340. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61340 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60093:1980, *Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials*

IEC 60167:1964, *Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials*

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60260:1968, *Test enclosures of non-injection type for constant relative humidity*

ISO 1853:1998, *Conducting and antistatic rubbers – Measurement of resistivity*

ISO 2951:1974, *Vulcanized rubber – Determination of insulation resistance*

ISO 3915:1981, *Plastics – Measurement of resistivity of conductive plastics*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61340, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

résistance transversale (Ω)

rapport d'une tension à courant continu (V) appliquée entre deux électrodes placées sur deux surfaces (opposées) d'une éprouvette et du courant en régime établi (A) entre deux électrodes

3.2

résistivité transversale (Ωm)

rapport d'une intensité de champ à courant continu (V/m) et de la densité du courant en régime permanent (A/m^2) dans le matériau. En pratique, il est équivalent à la résistance transversale d'un cube de longueur unitaire, ayant des électrodes aux deux surfaces opposées

NOTE La résistivité transversale n'est pas une caractéristique appropriée pour les matériaux électriquement non homogènes.

3.3

résistance superficielle (Ω)

rapport d'une tension à courant continu (V) appliquée entre deux électrodes sur une surface d'une éprouvette et du courant (A) entre les électrodes

3.4

résistivité superficielle (Ω)

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

NOTE L'unité SI de la résistivité superficielle (Ω) est parfois désignée Ω/sq (ohms par carré).

3.5

électrode de mesure

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

4 Environnement d'essai et de conditionnement

Le comportement électrostatique des matériaux est influencé par les conditions d'environnement, telles que la température et l'humidité relatives.

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

Le préconditionnement peut 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 doit être normalement traité 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. Pour plus d'information, se référer à la CEI 60212 et à la CEI 60260.

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61340, the following definitions apply:

3.1

volume resistance (Ω)

the ratio of a d.c. voltage (V) applied between two electrodes placed on two (opposite) surfaces of a specimen and the steady-state current (A) between the electrodes

3.2

volume resistivity (Ωm)

the ratio of a d.c. field strength (V/m) and the steady-state current density (A/m²) within the material. In practice, it is equivalent to the volume resistance of a cube with unit length, having the electrodes at two opposite surfaces

NOTE Volume resistivity is not an appropriate characteristic for materials that are electrically inhomogeneous.

3.3

surface resistance (Ω)

the ratio of a d.c. voltage (V) applied between two electrodes on a surface of a specimen and the current (A) between the electrodes

3.4

surface resistivity (Ω)

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

NOTE The SI unit of surface resistivity (Ω) is sometimes referred to as Ω/sq (ohms per square).

3.5

measuring electrode

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

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 (e.g. lowest humidity) expected to occur during usage. Specimens shall be conditioned and measured in the same climate, if not specified differently.

Preconditioning can 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. The preconditioning shall normally be handled 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. Additional guidance may be taken from IEC 60212 and IEC 60260.

5 Sélection de la méthode d'essai

La procédure suivante doit être utilisée en vue de la sélection de la méthode d'essai:

- a) si la gamme de la résistance électrique d'un matériau est connue, utiliser alors l'article applicable, 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 en utilisant les méthodes pour matériaux conducteurs conformément à l'article 6.

Si la mesure n'est pas possible ou si le résultat obtenu excède la gamme 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 selon l'article 8 pour les matériaux statiques dissipatifs. Si la situation décrite ci-dessus se produit de nouveau, la mesure doit être renouvelée selon l'article 7 pour les matériaux isolants.

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.

Pour les matériaux hautement conducteurs, les résistances de contact nécessitent la méthode d'une mesure quadripolaire, afin d'éviter la distribution potentielle non linéaire sur l'éprouvette. Le paramètre le plus important est le courant injecté à travers l'éprouvette, ou plus précisément, la puissance dissipée afin d'éviter un échauffement important du matériau.

7 Mesures de résistance des matériaux isolants solides

La résistance des matériaux isolants solides doit être mesurée selon la CEI 60093, la CEI 60167 pour les plastiques ou l'ISO 2951 pour les élastomères.

Pour les matériaux hautement isolants, la résistance le long de la surface peut être inférieure comparée à la résistance à travers le matériau, étant donné l'effet de l'adsorption des contaminants tels que l'eau. De plus, il peut exister une corrélation fonctionnelle non linéaire entre la tension appliquée et le courant conduit. De ce fait, la résistance superficielle et transversale des matériaux isolants solides est mesurée de façon conventionnelle dans des conditions spécifiées (généralement 500 V et 1 min d'application de tension) avec des électrodes gardées.

Les électrodes de contact liquides, de peinture ou de pulvérisation pourraient modifier le comportement de l'éprouvette à l'essai et ne doivent pas être appliquées. L'utilisation d'élastomère conducteur comme matériau de contact, au contraire, est fortement recommandée.

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

La résistance des matériaux utilisés pour éviter la charge électrostatique doit être mesurée selon les instructions fournies dans les paragraphes ci-après.

5 Selection of test method

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 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 for static-dissipative materials. If the situation described above occurs again, the measurement shall be repeated according to clause 7 for insulating materials.

6 Resistance measurements of 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.

For highly conductive materials, the contact resistances necessitate the method of a quadrupole measurement in order to avoid a non-linear potential distribution over the specimen. The most important parameter is the current injected through the specimen or, even more precisely, the dissipated power in order to avoid significantly heating the material.

7 Resistance measurements of solid insulating materials

The resistance of solid insulating materials shall be measured in accordance with IEC 60093, IEC 60167 for plastics or ISO 2951 for rubbers.

For highly insulating materials, the resistance along the surface can be much lower compared to the resistance through the material due to the effect of adsorbed contaminants such as water. Furthermore, there can exist a non-linear functional correlation between the applied voltage and the conducted current. Thus, the surface and volume resistance of solid insulating materials are conventionally measured under specified conditions (generally 500 V and 1 min time of electrification) with guarded electrodes.

Liquid, painted or sprayed contact electrodes could modify the behaviour of the specimen under test and shall not be applied. The use of conductive rubber as contact material is strongly recommended instead.

8 Resistance measurements of electrostatic dissipative materials (used to avoid electrostatic charge accumulation)

The resistance of materials used to avoid electrostatic charge accumulation shall be measured according to the instructions given in the subclauses below.

8.1 Instrumentation

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

Si un ohmmètre sans dispositif de lecture de courant est utilisé pour les mesures de résistance transversale, un ampèremètre séparé est prescrit pour pouvoir assurer la lecture au minimum de 10 pA à 10 mA avec une précision de $\pm 5\%$.

La tension de circuit ouvert doit s'élever à $100\text{ V} \pm 5\%$ pour les mesures de $1 \times 10^6\ \Omega$ et supérieures, et à $10\text{ V} \pm 5\%$ pour celles de moins de $1 \times 10^6\ \Omega$.

Les lectures doivent être possibles au minimum de $1 \times 10^3\ \Omega$ à $1 \times 10^{13}\ \Omega$.

8.2 Ensembles d'électrodes

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 celle centrale (de mesure), et ce afin de minimiser les courants de fuite qui faussent les lectures. Il est recommandé que l'intervalle g soit au minimum de 10 mm. En cas de contestation, les ensembles décrits dans cette norme ne doivent pas être appliqués.

8.2.1 Ensemble pour la mesure de la résistance de surface

L'ensemble d'électrode (sonde 1) contient deux anneaux concentriques en matériaux conducteurs qui établissent le contact avec le matériau à l'essai (voir figure 1).

Le matériau superficiel de contact doit posséder une résistance transversale inférieure à $10^3\ \Omega$ au moment de l'essai sur une plaque métallique inoxydable, non corrosive (pas de l'aluminium) comme la contre-électrode, en appliquant 10 V.

Il convient que le matériau à l'essai soit placé sur un support isolant, tel qu'il est décrit en 8.2.4.

8.2.2 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 3). L'ensemble d'électrode du haut (sonde 1) doit être conforme à la description de 8.2.1 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, un connecteur riveté).

NOTE L'utilisation de pinces crocodile ne peut être recommandée.

8.1 Instrumentation

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

If an ohmmeter without current reading facility is used for volume resistance measurements, a separate ammeter is required capable of reading at least from 10 pA to 10 mA with an accuracy of $\pm 5\%$.

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

Readings shall be possible at least from $1 \times 10^3\ \Omega$ to $1 \times 10^{13}\ \Omega$.

8.2 Electrode assemblies

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.

8.2.1 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 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 V.

The material under test should be placed on an insulating support as described in 8.2.4.

8.2.2 Assembly for the measurement of volume resistance

The assembly consists of two electrodes placed on either side of the material under test (see figure 3). The top electrode assembly (probe 1) shall be as described in 8.2.1 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).

NOTE The use of crocodile clips cannot be recommended.

Il convient qu'elle soit placée soit sur un support isolant conforme à la description de 8.2.4 avant l'essai, soit être équipée de pieds isolants équivalents.

8.2.3 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 de matériau conducteur qui établit le contact avec le matériau à l'essai (voir figure 4).

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 V.

Il convient que le matériau à l'essai soit placé sur un support isolant conforme à la description de 8.2.4.

8.2.4 Support d'essai

Le matériau doit être soumis à l'essai sur un support plat et lisse doté d'une résistance superficielle de plus de $1 \times 10^{13} \Omega$ au moment de l'essai avec 500 V, conformément à la CEI 60093 et à la CEI 60167. La taille doit correspondre à 10 mm au minimum de plus en longueur et en largeur en comparaison à la taille de l'éprouvette à l'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 minimiser la possibilité de création de chemins de fuite susceptibles d'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'échantillon doit être préparé. Il convient que l'échantillon soit clairement marqué afin d'identifier la surface à soumettre à l'essai.

It should be placed either on an insulating support as described in 8.2.4 prior to test or be equipped with equivalent insulating feet.

8.2.3 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 4).

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 V.

The material under test should be placed on an insulating support as described in 8.2.4.

8.2.4 Test support

The material shall be tested on a smooth flat support having a surface resistance of more than $1 \times 10^{13} \Omega$ when tested with 500 V in compliance with IEC 60093 and IEC 60167. 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 sample should be clearly marked in order to identify the surface to be tested.

8.4 Appareils de vérification de système pour résistance superficielle

8.4.1 Procédure pour la gamme de résistance inférieure

L'appareil doit se conformer aux dimensions de l'électrode de l'ensemble décrit en 8.2.1 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. L'appareil doit comprendre des résistances à 1 %, 10 M Ω 20 de chaque. Chaque résistance doit être connectée individuellement entre une plage de connexion intérieure et extérieure (figure 5). Le matériau pour l'appareil doit posséder une résistance transversale d'au moins 10⁸ Ω entre deux rangées de plages de connexion lorsqu'elles ne sont pas connectées par des résistances, et soumis à l'essai avec 100 V.

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

L'ensemble décrit en 8.2.1 est connecté à l'instrumentation selon la figure 2 et ensuite placé sur l'appareil. Il est nécessaire d'appliquer une tension de 10 V et d'effectuer un relevé après 15 s. Le résultat doit être de $5,0 \times 10^5 \Omega \pm 5 \%$. La vérification est ensuite répétée après une rotation de l'ensemble de 90°.

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

8.4.2 Procédure pour la gamme de résistance supérieure et la détermination de la durée d'application de tension

L'appareil doit se conformer aux dimensions d'électrode de l'ensemble décrit en 8.2.1 et posséder des surfaces métalliques et des plages de connexion établissant le contact avec les surfaces d'électrode via une résistance unique de $1,0 \times 10^{12} \Omega \pm 5 \%$ connectée entre les surfaces de contact (intérieures) centrales et en anneau (extérieures) (voir figure 6). Au moment de l'essai à 500 V conformément à la CEI 60093 et à la CEI 60167, le matériau pour l'appareil doit avoir une résistance transversale d'au moins 10¹⁴ Ω entre les deux rangées de plages de connexion, lorsqu'elles ne sont pas connectées par une résistance.

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 de la façon suivante.

L'ensemble décrit en 8.2.1 est connecté à l'instrumentation conformément à la figure 2 et ensuite placé sur l'appareil. Il faut appliquer une tension de 100 V et effectuer un relevé lorsque la valeur affichée a atteint le régime permanent. Si le relevé figure dans les limites de la gamme de tolérances de la résistance, répéter la procédure cinq fois tout en enregistrant le temps exigé pour que l'instrument indique une valeur de régime établi. La moyenne des cinq enregistrements correspond au temps d'application de la tension. Un complément de 5 s à ce temps aboutit à la période d'application de la tension à utiliser pour mesurer les éprouvettes supérieures à 10⁶ Ω .

8.5 Vérification de système pour les mesures de résistance transversale

8.5.1 Procédure pour la gamme de résistance inférieure

Avant l'essai, le système doit être vérifié en vue d'un fonctionnement approprié de la façon suivante.

8.4 System verification fixtures for surface resistance

8.4.1 Procedure for lower resistance range

The fixture shall conform to the electrode dimensions of the assembly described in 8.2.1 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. The fixture shall consist of 20 each, 10 M Ω , 1 % resistors. Each resistor shall be individually connected between an inner and outer pad (see figure 5). The material for the fixture shall have a volume resistance of 10⁸ Ω at least between the two rows of pads when not connected by resistors, and tested with 100 V.

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

The assembly described in 8.2.1 is connected to the instrumentation according to figure 2 and then placed onto the fixture. A voltage of 10 V shall be applied and a reading taken after 15 s. The result shall be $5,0 \times 10^5 \Omega \pm 5 \%$. The check is then repeated after having the assembly rotated through 90°.

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

8.4.2 Procedure for upper resistance range and determination of electrification period

The fixture shall conform to the electrode dimensions of the assembly described in 8.2.1 and have metal surfaces or pads which make contact with the electrode surfaces. They are connected via a single resistor of $1,0 \times 10^{12} \Omega \pm 5 \%$ between the centre (inner) and ring (outer) contact surfaces (see figure 6). When tested with 500 V in compliance with IEC 60093 and IEC 60167, the material for the fixture shall have a volume resistance of at least 10¹⁴ Ω between the two rows of pads when not connected by a resistor.

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 8.2.1 is connected to the instrumentation according to figure 2 and then placed onto the fixture. A voltage of 100 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 10⁶ Ω .

8.5 System verification for volume resistance measurements

8.5.1 Procedure for lower resistance range

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

Connecter les électrodes (sondes 1 et 2) à l'instrumentation selon la figure 3 mais sans éprouvette entre elles. Puis insérer une résistance de 1 %, 500 k Ω , entre la sortie de source de tension et la sonde 2. Une tension de 10 V doit être appliquée et un relevé doit être effectué après 15 s. Le résultat doit correspondre à $5,0 \times 10^5 \Omega \pm 5 \%$.

8.5.2 Procédure pour la gamme 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 pour la détermination de la période d'application de la tension de la façon suivante:

Connecter les électrodes (sondes 1 et 2) à l'instrumentation selon la figure 3 mais sans éprouvette entre elles. Ensuite, insérer une résistance de 5 %, $1,0 \times 10^{12} \Omega$, entre la sortie de la source de tension et la sonde 2. Il faut appliquer une tension de 100 V et effectuer un relevé lorsque la valeur affichée a atteint le régime permanent. Si le relevé répond aux limites de la gamme de tolérances de la résistance, renouveler la procédure cinq fois, tout en enregistrant le temps exigé 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 aboutit à la période d'application de la tension à utiliser pour mesurer les éprouvettes supérieures à $10^6 \Omega$.

8.6 Procédures d'essai

8.6.1 Mesures de résistance superficielle

L'ensemble d'électrode décrit en 8.2.1 est connecté à l'instrumentation (voir figure 2). L'éprouvette doit être placée sur le support à l'essai avec la surface à l'essai face en haut. L'ensemble d'électrode est alors mis en position sur le centre approximatif de l'éprouvette ou à une distance d'au moins 10 mm des bords.

Mettre sous tension l'instrumentation à 10 V et consigner le relevé après 15 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 V. Consigner la résistance indiquée après la période d'application de la tension déterminée en 8.4.2.

8.6.2 Mesures de la résistance transversale

Les ensembles d'électrode décrits en 8.2.1 sont connectés à l'instrumentation (voir figure 3). 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 alors mise en position sur le centre approximatif de l'éprouvette ou à une distance d'au moins 10 mm des bords.

Sauf spécification contraire, mettre sous tension l'instrumentation à 10 V et enregistrer le relevé après 15 s. Si la résistance indiquée est inférieure à $1,0 \times 10^6 \Omega$, consigner la valeur et passer 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 renouveler la procédure en utilisant 100 V. Consigner la résistance indiquée après la période d'électrisation déterminée en 8.5.2.

S'il est prescrit 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.

Connect the electrodes (probes 1 and 2) to the instrumentation according to figure 3 but without a specimen between them. Then insert a 500 k Ω , 1 % resistor between the voltage source output and probe 2. A voltage of 10 V shall be applied and a reading taken after 15 s. The result shall be $5,0 \times 10^5 \Omega \pm 5 \%$.

8.5.2 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 3 but without a specimen between them. Then insert a $1,0 \times 10^{12} \Omega$, 5 % resistor between the voltage source output and probe 2. A voltage of 100 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 $10^6 \Omega$.

8.6 Test procedures

8.6.1 Surface resistance measurements

The electrode assembly described in 8.2.1 is connected to the instrumentation (see figure 2). 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.

Energize the instrumentation at 10 V and record the reading after 15 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 V. Record the indicated resistance after the electrification period determined in 8.4.2.

8.6.2 Volume resistance measurements

The electrode assemblies described in 8.2.1 are connected to the instrumentation (see figure 3). 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 then positioned onto the approximate centre of the specimen or at least 10 mm away from the edges.

Energize the instrumentation at 10 V and record the reading after 15 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 V. Record the indicated resistance after the electrification period determined in 8.5.2.

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.

8.6.3 Mesures de résistance à la terre / mesures de point de mise à la terre

8.6.3.1 Mesures sur des éprouvettes de laboratoire

Les échantillons doivent être équipés d'un point de connexion à la terre représentatif. Placer l'échantillon sur le support d'essai avec la surface à essayer vers le haut. L'électrode (sonde 3) est alors positionnée sur la surface de l'échantillon à une distance minimale de 50 mm des bords ou du point de connexion à la terre (voir figure 7). Connecter l'électrode à une connexion de l'instrumentation et le point de connexion à la terre à l'autre connexion.

Mettre sous tension l'instrumentation à 10 V et enregistrer le relevé après 15 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 V.

8.6.3.2 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 7). Connecter l'ensemble d'électrode 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 V et enregistrer le relevé après 15 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 V.

NOTE Certains appareils de mesure peuvent nécessiter un système de connexion 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 à la terre ou potentiel peut nécessiter d'être raccordé au point de connexion à la terre du système à l'essai. Consulter les instructions du fabricant de l'appareil pour l'arrangement des connexions.

8.6.4 Mesures de résistance point à point

Connecter deux ensembles d'électrodes (sondes 3) décrits en 8.2.3, à l'instrumentation. L'éprouvette doit être placée sur le support d'essai avec la surface à l'essai face en 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 8).

Mettre sous tension l'instrumentation à 10 V et consigner le relevé après 15 s si la résistance indiquée est inférieure à $1,0 \times 10^6 \Omega$. Ensuite passer à la position 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 renouveler la procédure en utilisant 100 V.

9 Conversion en valeurs de résistivité

Lorsqu'il est approprié de convertir une résistance superficielle ou transversale obtenue au moyen des méthodes d'essai décrites en 8.6.1 ou 8.6.2 en une résistivité équivalente, procéder comme suit conformément à la CEI 60093.

8.6.3 Resistance to groundable point measurements

8.6.3.1 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 at least 50 mm away from the specimen edges or groundable point (see figure 7). Connect the electrode assembly to one lead of the instrumentation and the groundable point to the other lead.

Energize the instrumentation at 10 V and record the reading after 15 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 V.

8.6.3.2 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 7). Connect the electrode assembly to one lead of the instrumentation and the groundable point to the other lead.

Energize the instrumentation at 10 V and record the reading after 15 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 V.

NOTE Line-powered instruments may 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 may require connection to the ground side of the item under test. Consult the instrument manufacturer's instructions for test lead arrangement.

8.6.4 Point-to-point resistance measurements

Connect two electrode assemblies (probes 3) described in 8.2.3 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 8).

Energize the instrumentation at 10 V and record the reading after 15 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 V.

9 Conversion to resistivity values

When it is appropriate to convert a surface or volume resistance obtained by the test methods described in 8.6.1 or 8.6.2 to an equivalent resistivity, proceed as follows in compliance with IEC 60093.

9.1 Résistivité superficielle ρ_s

Utiliser la formule suivante selon la figure 9:

$$\rho_s = R_x (d_1 + g) \cdot \pi/g$$

où

ρ_s est la résistivité superficielle (Ω);

R_x est la résistance superficielle mesurée (Ω);

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

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

9.2 Résistivité transversale ρ_v

Utiliser la formule suivante selon la figure 9:

$$\rho_v = R_x (d_1 + g)^2 \cdot \pi/4 \cdot h$$

où

ρ_v est la résistivité transversale (Ωm);

R_x est la résistance transversale mesurée (Ω);

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

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

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

10 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 gamme 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.

On peut supposer que la répétabilité de ces méthodes d'essai se situe approximativement dans la gamme d'un demi-ordre d'amplitude. Si la valeur moyenne pour une série d'essais en laboratoire est de $5 \times 10^{10} \Omega$, on peut s'attendre à ce que l'étendue des valeurs soit comprise entre $2,5 \times 10^{10} \Omega$ et $7,5 \times 10^{10} \Omega$.

9.1 Surface resistivity ρ_s

Take the following formula according to figure 9:

$$\rho_s = R_x (d_1 + g) \cdot \pi/g$$

where

ρ_s is the surface resistivity (Ω);

R_x is the measured surface resistance (Ω);

d_1 is the diameter of the inner contact electrode (m);

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

9.2 Volume resistivity ρ_v

Take the following formula according to figure 9:

$$\rho_v = R_x (d_1 + g)^2 \cdot \pi/4 \cdot h$$

where

ρ_v is the volume resistivity (Ωm);

R_x is the measured volume resistance (Ω);

d_1 is the diameter of the inner contact electrode (m);

g is the distance (gap) between the contact electrodes (m);

h is the specimen thickness (m).

10 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 $7,5 \times 10^{10} \Omega$.

11 Rapport

Le rapport 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, y compris les procédures de nettoyage;
- e) conditions d'essai, si différentes de la spécification de produit;
- f) instrumentation (type, informations relatives à l'étalonnage, etc.);
- g) tension d'essai et durée d'application de la tension avec informations complémentaires, si ces paramètres sont fixés ou spécifiés de façon différente;
- h) nombre de mesures, résultats individuels et valeur moyenne;
- i) résistivité superficielle en tant que résultats individuels avec valeur moyenne, si applicable;
- j) résistivité transversale en tant que résultats individuels avec valeur moyenne, si applicable;
- k) résistance à la terre / point de mise à la terre avec identification de positions d'essai, si applicable;
- l) résistance point à point avec identification de positions d'essai, si applicable, et distance appliquée entre les axes longitudinaux des sondes, si différentes de cette norme;
- m) dates de préparation d'éprouvettes et aptitude des essais;
- n) toutes observations spécifiques au cours de l'essai (par exemple: effets de polarisation).

11 Report

The 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 including cleaning procedures;
- e) test conditions, if different from the product specification;
- f) instrumentation (type, calibration information, etc.);
- g) test voltage and electrification time with additional information, if these parameters are fixed or specified differently;
- h) number of measurements, individual results and average value;
- i) surface resistivity as individual results with average value, if relevant;
- j) volume resistivity as individual results with average value, if relevant;
- k) resistance-to-ground/groundable point with identification of test positions, if relevant;
- l) point-to-point resistance with identification of test positions, if relevant, and applied distance between the longitudinal axes of the probes, if different from this standard;
- m) dates of specimen preparation and test performance;
- n) any specific observations during test (e.g. polarization effects).

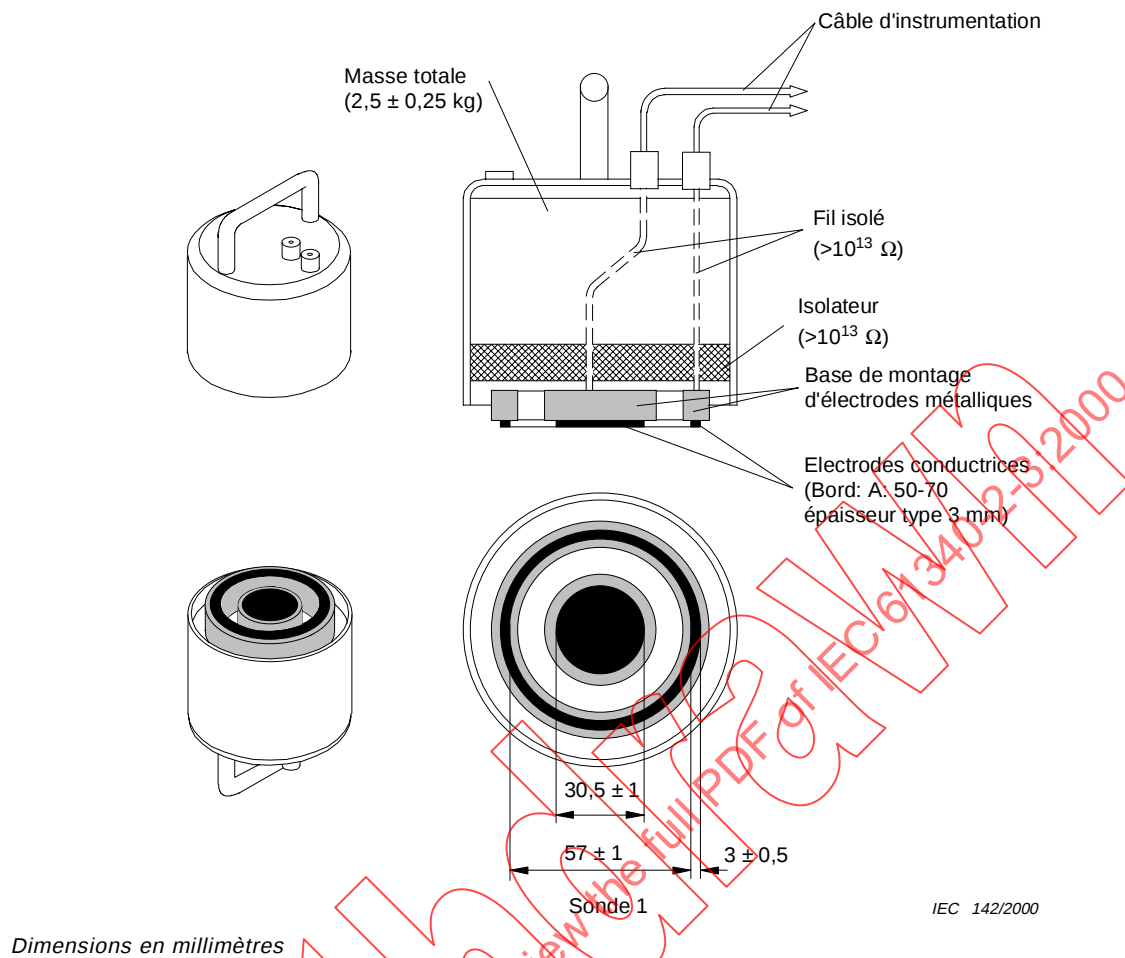


Figure 1 – Ensemble pour la mesure de la résistance superficielle et transversale

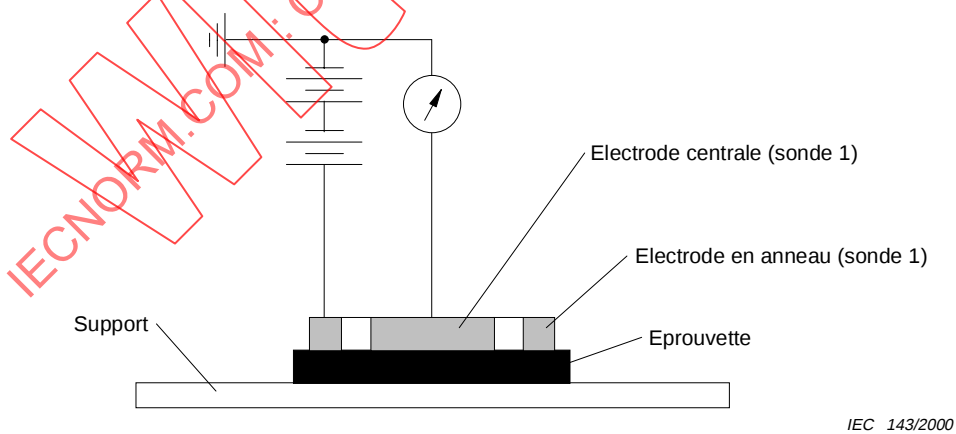


Figure 2 – Connexions de base des électrodes pour les mesures de résistance superficielle

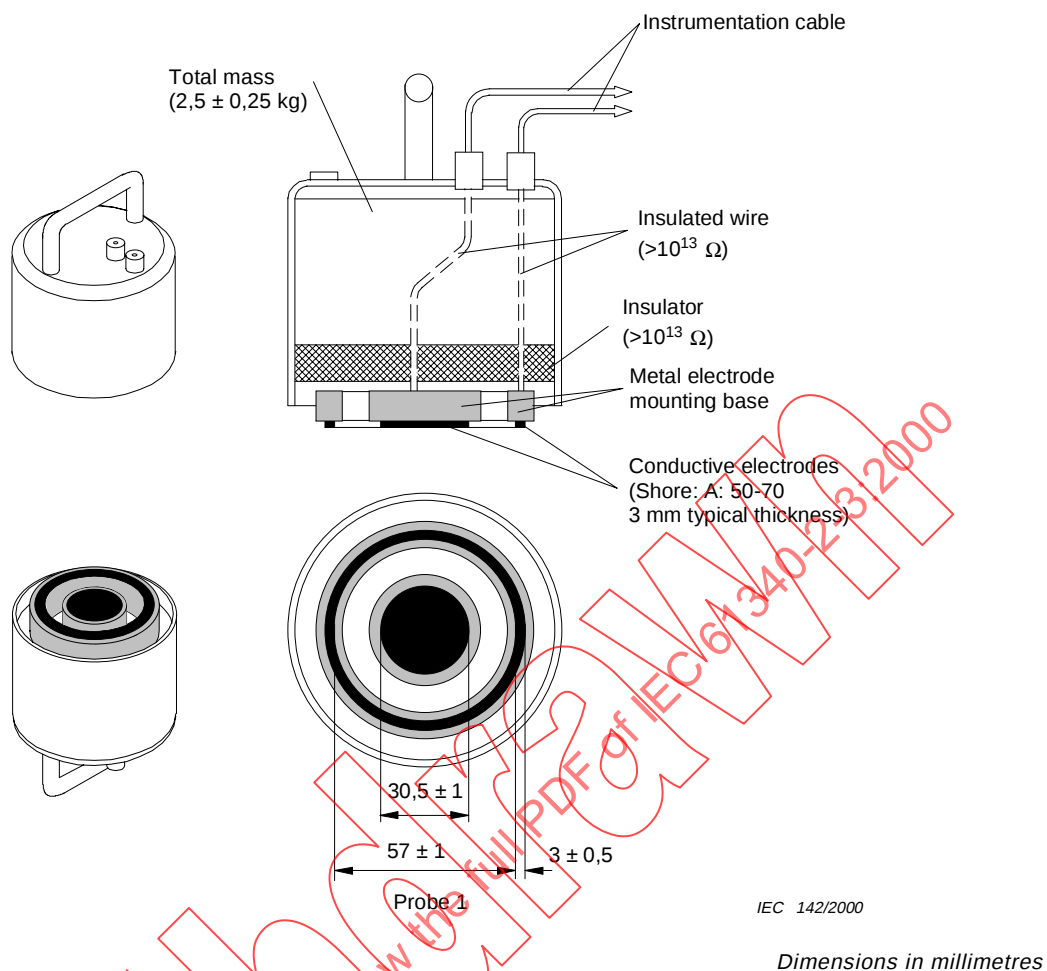


Figure 1 – Assembly for the measurement of surface and volume resistance

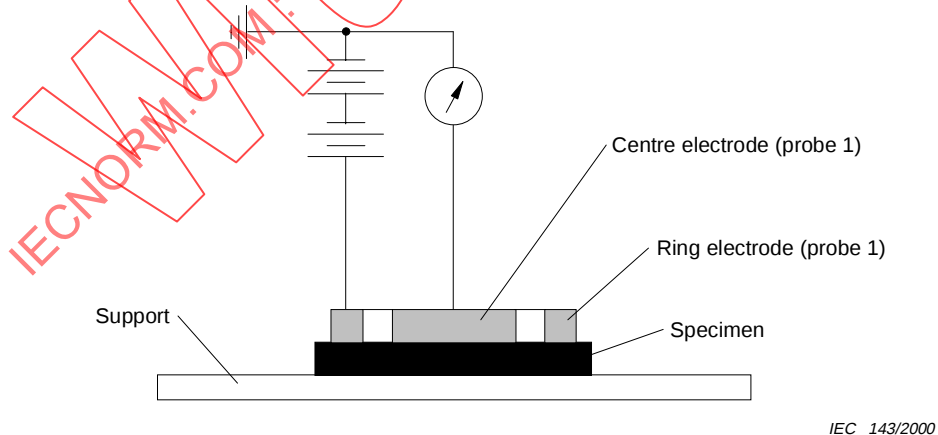
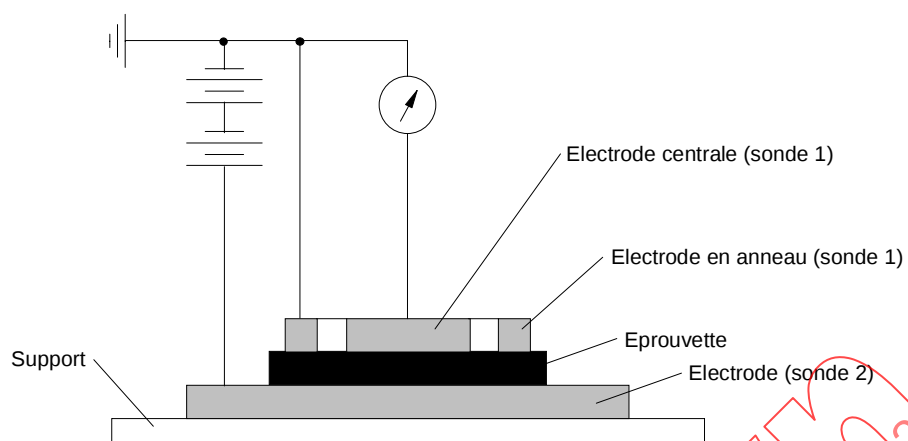
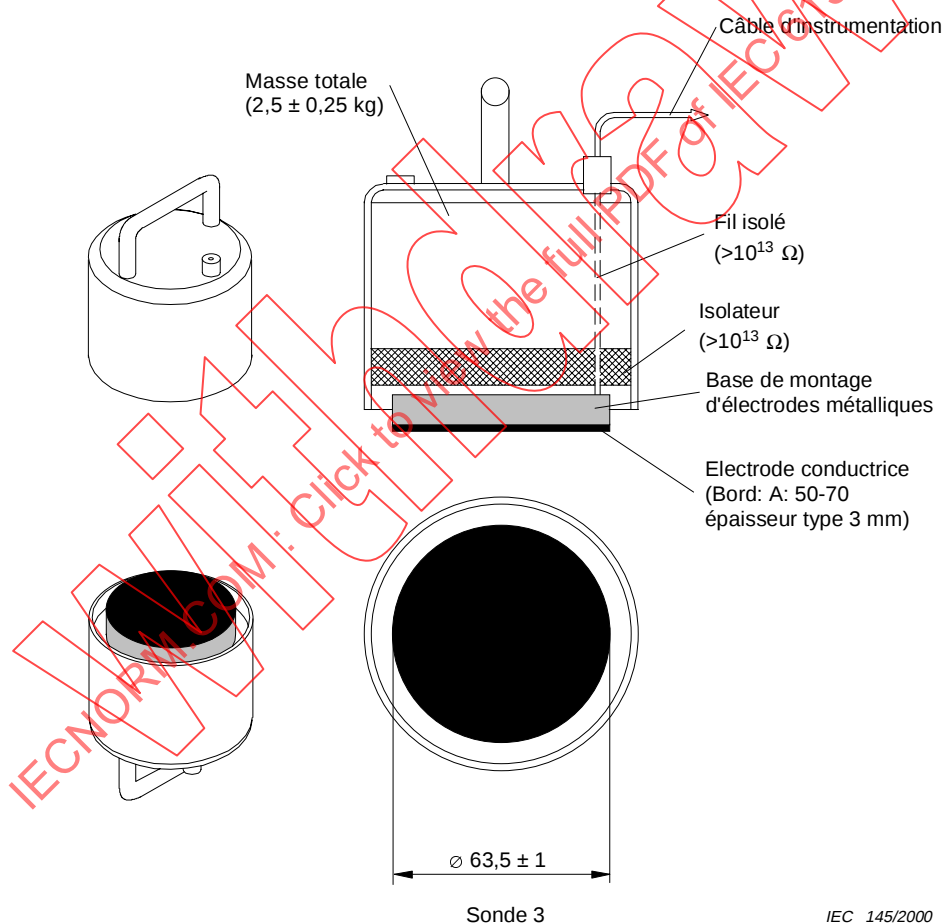


Figure 2 – Basic connections of the electrodes for surface resistance measurements



IEC 144/2000

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



IEC 145/2000

Dimensions en millimètres

Figure 4 – Ensemble pour la mesure de la résistance à la terre/ point de mise à la terre et résistance point à point

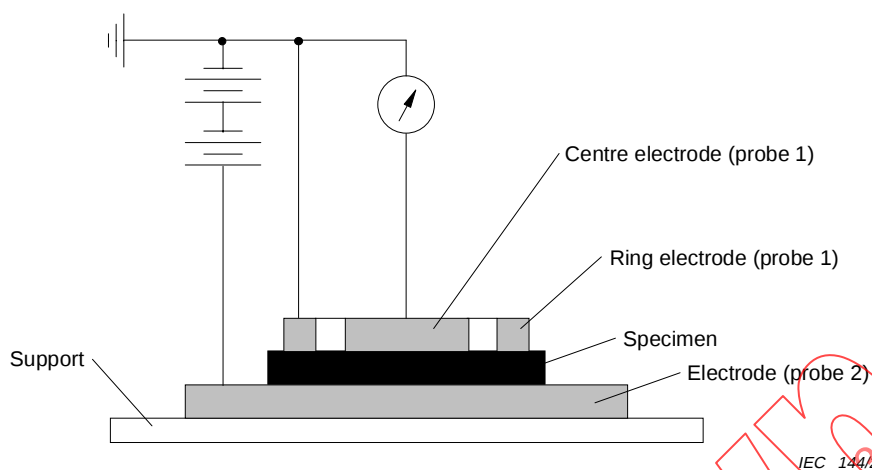
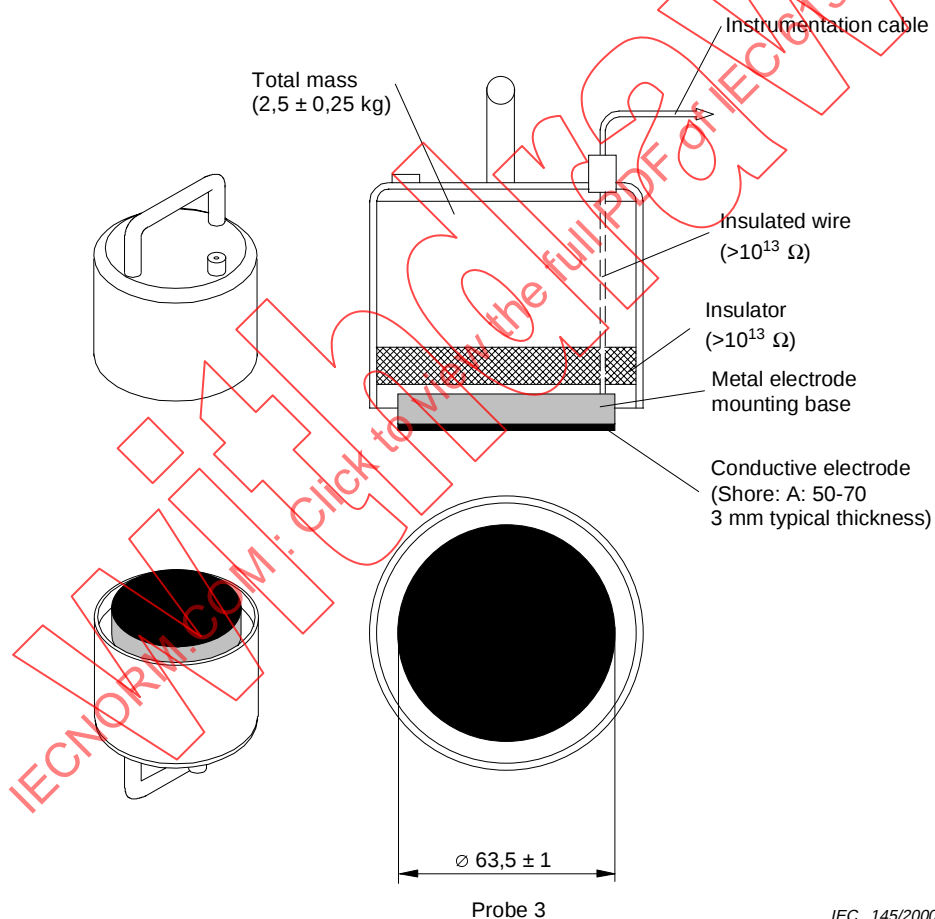
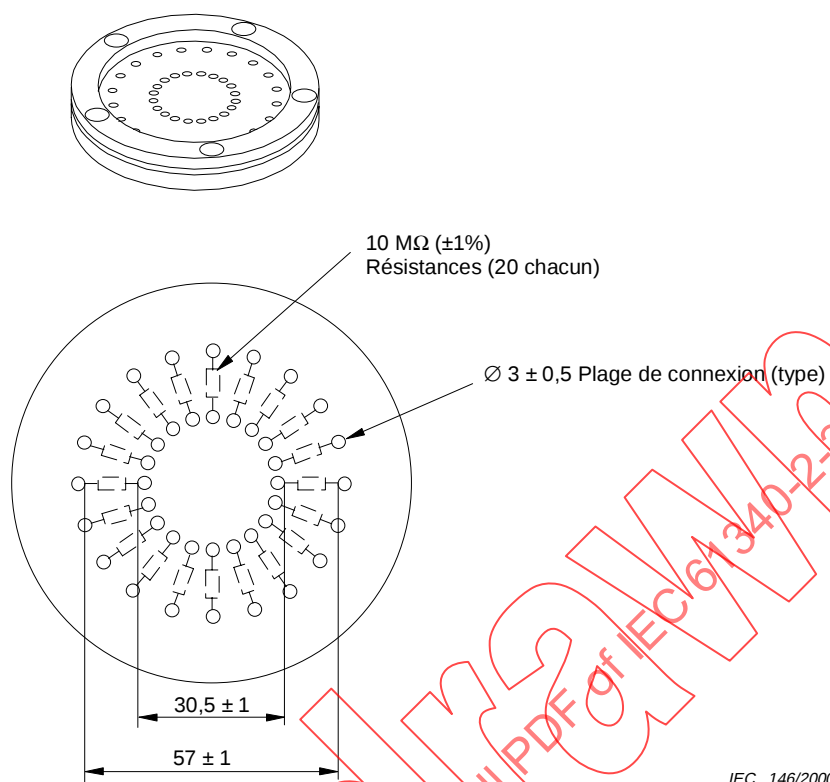


Figure 3 – Basic connections of the electrodes for volume resistance measurements



Dimensions in millimetres

Figure 4 – Assembly for the measurement of resistance to ground/groundable point and point-to-point resistance

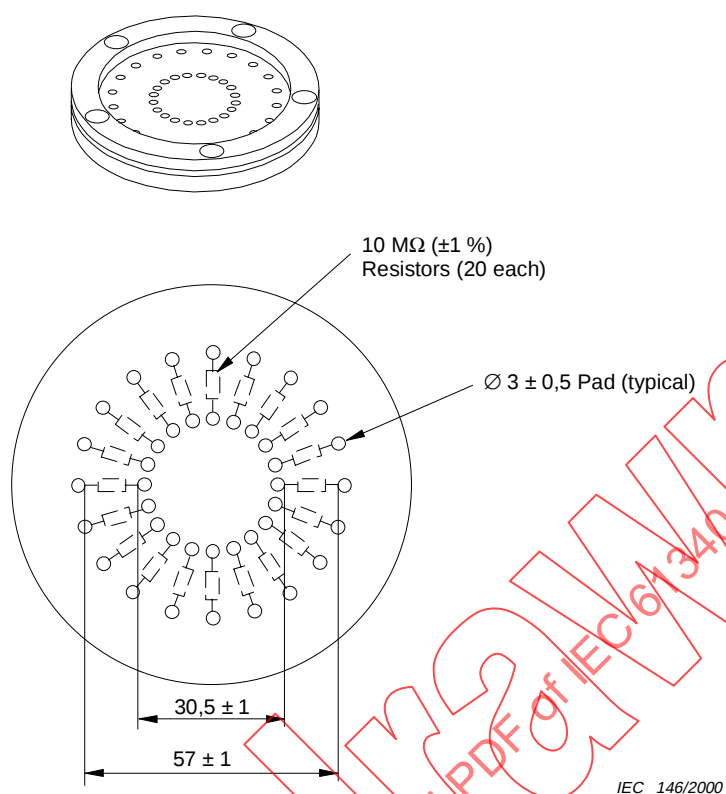


Dimensions en millimètres

NOTE 1 Les plages de connexion doivent être planes sans proéminences et doivent être montées sur une surface plane.

NOTE 2 Toutes les résistances doivent être montées sur la face inférieure.

Figure 5 – Appareil de vérification de la gamme de résistance inférieure pour les mesures de la résistance superficielle



Dimensions in millimetres

NOTE 1 Pads shall be flat without any protrusions and be mounted on a flat surface.

NOTE 2 All resistors to be mounted on bottom side.

Figure 5 – Lower resistance range verification fixture for surface resistance measurements