

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
93**

Deuxième édition  
Second edition  
1980

---

---

**Méthodes pour la mesure de la résistivité  
transversale et de la résistivité superficielle  
des matériaux isolants électriques solides**

**Methods of test for volume resistivity  
and surface resistivity of solid electrical  
insulating materials**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 93: 1980

## 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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## 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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
93**

Deuxième édition  
Second edition  
1980

---

---

**Méthodes pour la mesure de la résistivité  
transversale et de la résistivité superficielle  
des matériaux isolants électriques solides**

**Methods of test for volume resistivity  
and surface resistivity of solid electrical  
insulating materials**

© CEI 1980 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**R**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                            | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                                              | 4     |
| Articles                                                                       |       |
| 1. Domaine d'application . . . . .                                             | 6     |
| 2. Définitions . . . . .                                                       | 6     |
| 3. Portée . . . . .                                                            | 8     |
| 4. Alimentation . . . . .                                                      | 10    |
| 5. Méthodes de mesure et précision . . . . .                                   | 10    |
| 6. Eprouvettes . . . . .                                                       | 14    |
| 7. Nature des électrodes . . . . .                                             | 16    |
| 8. Mise en place des électrodes et de l'éprouvette . . . . .                   | 20    |
| 9. Conditionnement . . . . .                                                   | 20    |
| 10. Méthode d'essai . . . . .                                                  | 20    |
| 11. Calcul . . . . .                                                           | 22    |
| 12. Rapport . . . . .                                                          | 24    |
| ANNEXE A — Exemples de méthodes de mesure — Précision correspondante . . . . . | 28    |
| ANNEXE B — Formules pour calculer $A$ et $p$ . . . . .                         | 34    |
| FIGURES . . . . .                                                              | 36    |

## CONTENTS

|                                                                         | Page |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                                      | 5    |
| PREFACE . . . . .                                                       | 5    |
| Clause                                                                  |      |
| 1. Scope . . . . .                                                      | 7    |
| 2. Definitions . . . . .                                                | 7    |
| 3. Significance . . . . .                                               | 9    |
| 4. Power supply . . . . .                                               | 11   |
| 5. Measuring methods and accuracy . . . . .                             | 11   |
| 6. Test specimens . . . . .                                             | 15   |
| 7. Electrode material . . . . .                                         | 17   |
| 8. Specimen handling and mounting . . . . .                             | 21   |
| 9. Conditioning . . . . .                                               | 21   |
| 10. Test procedure . . . . .                                            | 21   |
| 11. Calculation . . . . .                                               | 23   |
| 12. Report . . . . .                                                    | 25   |
| APPENDIX A — Examples of measuring methods and their accuracy . . . . . | 29   |
| APPENDIX B — Formulae for calculating $A$ and $p$ . . . . .             | 35   |
| FIGURES . . . . .                                                       | 36   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES POUR LA MESURE DE LA RÉSISTIVITÉ TRANSVERSALE  
ET DE LA RÉSISTIVITÉ SUPERFICIELLE DES MATÉRIAUX ISOLANTS  
ÉLECTRIQUES SOLIDES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 15A: Essais de courte durée, du Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Elle constitue la deuxième édition de la Publication 93 de la CEI.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Toronto en 1976. A la suite de cette réunion, un projet, document 15A(Bureau Central)35, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1977.

Des modifications, document 15A(Bureau Central)39, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en octobre 1979.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Allemagne             | France           |
| Autriche              | Irlande          |
| Belgique              | Italie           |
| Brésil                | Norvège          |
| Bulgarie              | Nouvelle-Zélande |
| Canada                | Pologne          |
| Chine                 | Royaume-Uni      |
| Corée (République de) | Suède            |
| Danemark              | Suisse           |
| Egypte                | Tchécoslovaquie  |
| Espagne               | Yougoslavie      |
| Etats-Unis d'Amérique |                  |

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

Publications n° 167: Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides.

212: Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.

260: Enceintes d'épreuve à humidité relative constante fonctionnant sans injection de vapeur.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF TEST FOR VOLUME RESISTIVITY  
AND SURFACE RESISTIVITY OF SOLID ELECTRICAL  
INSULATING MATERIALS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 15A: Short-time Tests, of IEC Technical Committee No. 15: Insulating Materials.

It forms the second edition of IEC Publication 93.

A first draft was discussed at the meeting held in Toronto in 1976. As a result of this meeting, a draft, Document 15A(Central Office)35, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1977.

Amendments, Document 15A(Central Office)39, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in October 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Austria        | Italy                    |
| Belgium        | Korea (Republic of)      |
| Brazil         | New Zealand              |
| Bulgaria       | Norway                   |
| Canada         | Poland                   |
| China          | Spain                    |
| Czechoslovakia | Sweden                   |
| Denmark        | Switzerland              |
| Egypt          | United Kingdom           |
| France         | United States of America |
| Germany        | Yugoslavia               |
| Ireland        |                          |

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 167: Methods of Test for the Determination of the Insulation Resistance of Solid Insulating Materials.  
212: Standard Conditions for Use Prior to and during the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.  
260: Test Enclosures of Non-injection Type for Constant Relative Humidity.

# MÉTHODES POUR LA MESURE DE LA RÉSISTIVITÉ TRANSVERSALE ET DE LA RÉSISTIVITÉ SUPERFICIELLE DES MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES SOLIDES

## 1. Domaine d'application

Les présentes méthodes définissent les procédés de mesure de la résistance transversale et de la résistance superficielle, ainsi que les calculs de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle des matériaux isolants électriques solides.

Les essais de résistance transversale et de résistance superficielle sont affectés par les facteurs suivants: valeur de la tension et durée d'application de la tension, nature et géométrie des électrodes, température et humidité de l'atmosphère ambiante et des éprouvettes pendant le conditionnement et la mesure. Ces paramètres font l'objet de recommandations.

## 2. Définitions

### 2.1 Résistance transversale

Quotient de la tension continue appliquée entre deux électrodes placées sur deux faces (opposées) d'une éprouvette par le courant en régime établi entre ces électrodes, à l'exclusion du courant circulant en surface et en ne tenant pas compte des phénomènes de polarisation éventuels sur les électrodes.

*Note.* — Sauf indication contraire, la résistance transversale est déterminée après une durée d'application de la tension de 1 min.

### 2.2 Résistivité transversale

Quotient de l'intensité du champ électrique continu par la densité du courant en régime établi dans un matériau isolant. Elle correspond pratiquement à la résistance transversale réduite à une unité de volume cubique.

*Note.* — L'unité SI de résistivité transversale est l'ohm-mètre. On utilise également en pratique l'ohm-centimètre.

### 2.3 Résistance superficielle

Quotient de la tension continue appliquée entre deux électrodes placées sur une face d'une éprouvette par le courant entre les électrodes après une durée d'application donnée de la tension, en ne tenant pas compte des phénomènes de polarisation éventuels sur les électrodes.

*Notes 1.* — Sauf spécification contraire, la résistance superficielle est déterminée après une durée d'application de la tension de 1 min.

*2.* — En général, le courant passe essentiellement par une couche superficielle de l'éprouvette, ainsi que par tout dépôt d'humidité et d'impureté superficielle associé, mais il comprend aussi une composante circulant à l'intérieur de l'éprouvette.

# METHODS OF TEST FOR VOLUME RESISTIVITY AND SURFACE RESISTIVITY OF SOLID ELECTRICAL INSULATING MATERIALS

## 1. Scope

These methods of test cover procedures for the determination of volume and surface resistance and calculations for the determination of volume and surface resistivity of solid electrical insulating materials.

Both volume resistance and surface resistance tests are affected by the following factors: the magnitude and time of voltage application, the nature and geometry of the electrodes, and the temperature and humidity of the ambient atmosphere and of the specimens during conditioning and measurement. Recommendations are made for these factors.

## 2. Definitions

### 2.1 Volume resistance

The quotient of a direct voltage applied between two electrodes placed on two faces (opposite) of a specimen, and the steady-state current between the electrodes, excluding current along the surface, and neglecting possible polarization phenomena at the electrodes.

*Note.* — Unless otherwise specified, the volume resistance is determined after 1 min of electrification.

### 2.2 Volume resistivity

The quotient of a d.c. electric field strength and the steady-state current density within an insulating material. In practice it is taken as the volume resistance reduced to a cubical unit volume.

*Note.* — The SI unit of volume resistivity is the ohm metre. In practice the unit ohm centimetre is also used.

### 2.3 Surface resistance

The quotient of a direct voltage applied between two electrodes on a surface of a specimen, and the current between the electrodes at a given time of electrification, neglecting possible polarization phenomena at the electrodes.

*Notes 1.* — Unless otherwise specified, the surface resistance is determined after 1 min of electrification.

2. — The current generally passes mainly through a surface layer of the specimen and any associated moisture and surface contaminant, but it also includes a component through the volume of the specimen.

## 2.4 Résistivité superficielle

Quotient de l'intensité du champ électrique continu par la densité du courant linéaire dans une couche superficielle d'un matériau isolant. En pratique, la résistivité superficielle est prise égale à la résistance superficielle réduite à une surface carrée. La dimension du carré est quelconque.

*Note.* — L'unité SI de résistivité superficielle est l'ohm. Dans la pratique, elle est parfois exprimée en «ohms par carré».

## 2.5 Electrodes

Les électrodes de mesure sont des conducteurs de forme, de dimensions et de configuration définies en contact avec l'éprouvette à mesurer.

*Remarque générale.* — La *résistance d'isolement* est le quotient de la tension continue appliquée entre deux électrodes en contact avec une éprouvette par le courant global qui traverse ces électrodes. La résistance d'isolement dépend à la fois de la résistivité superficielle et de la résistivité transversale de l'éprouvette (voir Publication 167 de la CEI: Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides).

## 3. Portée

- 3.1 On utilise en général des matériaux isolants pour isoler les composants d'un système électrique les uns par rapport aux autres et par rapport à la terre; les isolants solides peuvent également servir de support mécanique. Pour ces utilisations, il est généralement souhaitable que le matériau présente à la fois une résistance d'isolement de valeur aussi élevée que possible et des propriétés mécaniques, chimiques et thermiques acceptables. La résistance superficielle varie très rapidement avec l'humidité, tandis que la résistance transversale ne varie que très lentement, bien que l'amplitude des variations de cette dernière puisse être supérieure.
- 3.2 La résistivité transversale peut être utile à connaître pour le choix d'un matériau isolant destiné à une application spécifique. La variation de la résistivité en fonction de la température et de l'humidité peut être importante et doit être connue à la conception pour prévoir les conditions de fonctionnement. Des mesures de résistivité transversale sont souvent effectuées pour contrôler l'homogénéité d'un matériau isolant, et cela tant en ce qui concerne la fabrication que pour déceler les impuretés conductrices qui sont susceptibles d'affecter la qualité du matériau et ne peuvent pas être aisément repérées par d'autres moyens.
- 3.3 Lorsqu'une tension continue est appliquée entre des électrodes en contact avec une éprouvette, le courant qui la traverse décroît asymptotiquement vers une valeur limite en régime établi. La diminution du courant en fonction du temps peut être due à la polarisation diélectrique et au déplacement des ions mobiles vers les électrodes. Pour des matériaux ayant une résistivité transversale inférieure à environ  $10^{10} \Omega \cdot m$  ( $10^{12} \Omega \cdot cm$ ), la valeur en régime établi est en général atteinte au bout de 1 min et la résistance est alors mesurée après cette durée de mise sous tension. Pour les matériaux de plus grande résistivité transversale, le courant peut continuer à diminuer pendant plusieurs minutes, heures, jours ou même semaines. Pour de tels matériaux, par conséquent, on utilise des durées de mise sous tension plus longues, et, le cas échéant, le matériau est caractérisé par la variation de sa résistivité transversale en fonction du temps.

## 2.4 Surface resistivity

The quotient of a d.c. electric field strength, and the linear current density in a surface layer of an insulating material. In practice it is taken as the surface resistance reduced to a square area. The size of the square is immaterial.

*Note.* — The SI unit of surface resistivity is the ohm. In practice this is sometimes referred to as “ohms per square”.

## 2.5 Electrodes

Measuring electrodes are conductors of defined shape, size and configuration in contact with the specimen being measured.

*General note.* — *Insulation resistance* is the quotient of a direct voltage applied between two electrodes in contact with a specimen and the total current between the electrodes. The insulation resistance depends on both volume and surface resistivity of the specimen (see IEC Publication 167: Methods of Test for the Determination of the Insulation Resistance of Solid Insulating Materials).

## 3. Significance

- 3.1 Insulating materials are used in general to isolate components of an electrical system from each other and from earth; solid insulating materials may also provide mechanical support. For these purposes it is generally desirable to have the insulation resistance as high as possible, consistent with acceptable mechanical, chemical and heat-resisting properties. Surface resistance changes very rapidly with humidity, while volume resistance changes only slowly, although the final change may be greater.
- 3.2 Volume resistivity can be used as an aid in the choice of an insulating material for a specific application. The change of resistivity with temperature and humidity may be great and must be known when designing for operating conditions. Volume resistivity measurements are often used in checking the uniformity of an insulating material, either with regard to processing or to detect conductive impurities that affect the quality of the material and that may not be readily detectable by other means.
- 3.3 When a direct voltage is applied between electrodes in contact with a specimen, the current through it decreases asymptotically towards a steady-state value. The decrease of current with time may be due to dielectric polarization and the sweep of mobile ions to the electrodes. For materials having volume resistivities less than about  $10^{10} \Omega \cdot \text{m}$  ( $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ), the steady-state is in general reached within 1 min, and the resistance is then determined after this time of electrification. For materials of higher volume resistivity the current may continue to decrease for several minutes, hours, days, or even weeks. For such materials, therefore, longer electrification times are used, and, if relevant, the material is characterized by the time dependence of the volume resistivity.

- 3.4 La résistance superficielle ou la conductance superficielle ne peuvent pas être déterminées avec précision, mais seulement de façon approximative, étant donné qu'une conductance transversale plus ou moins importante intervient presque toujours dans la mesure. La valeur mesurée caractérise essentiellement l'état de contamination de la surface de l'éprouvette au moment de la mesure. Toutefois, la permittivité de l'éprouvette influe sur le dépôt d'impuretés dont les propriétés de conduction risquent d'être modifiées par les caractéristiques superficielles de l'éprouvette. Ainsi, la résistivité superficielle n'est pas une propriété du matériau au sens habituel, mais elle peut être considérée comme étant liée aux propriétés du matériau lorsque la contamination entre en ligne de compte.

Certains matériaux, tels les isolants stratifiés, peuvent avoir des résistivités très différentes dans une couche superficielle ou à l'intérieur. Il peut donc être intéressant de mesurer les propriétés intrinsèques d'une surface propre. Les méthodes de nettoyage destinées à obtenir des résultats uniformes doivent être clairement spécifiées, tout en gardant à l'esprit les effets que les solvants ou d'autres facteurs du procédé de nettoyage peuvent avoir sur les caractéristiques de la surface.

La résistance superficielle, surtout lorsqu'elle est élevée, varie souvent de manière irrégulière et en général dépend fortement de la durée d'application de la tension; pour les mesures, on spécifie généralement une durée d'application de la tension de 1 min.

#### 4. Alimentation

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

Les tensions d'essai à appliquer sont généralement de 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V, 2500 V, 5000 V, 10000 V et 15000 V. Les tensions les plus couramment utilisées sont de 100 V, 500 V et 1000 V.

Dans certains cas, la résistance de l'éprouvette dépend de la polarité de la tension appliquée.

Si la résistance dépend de la polarité, il convient de le signaler. On prend comme résultat la moyenne géométrique (moyenne arithmétique des exposants logarithmiques) des deux valeurs de la résistance.

Étant donné que la résistance de l'éprouvette peut dépendre de la tension, il convient d'indiquer la tension d'essai dans le rapport.

#### 5. Méthodes de mesure et précision

##### 5.1 Méthodes

Les méthodes couramment utilisées pour mesurer des résistances élevées sont soit des méthodes directes, soit des méthodes de comparaison.

Les méthodes directes sont fondées sur la mesure simultanée de la tension continue appliquée à la résistance inconnue et du courant qui la traverse (méthode voltmètre-ampèremètre).

Les méthodes de comparaison établissent le rapport de valeur de la résistance inconnue à celle d'une résistance connue, soit dans un montage en pont, soit par comparaison des courants traversant les résistances soumises à une même tension.

- 3.4 Surface resistance or surface conductance cannot be measured accurately, only approximated, because more or less volume conductance is nearly always involved in the measurement. The measured value is largely a property of the contamination of the surface of the specimen at the time of measurement. However, the permittivity of the specimen influences the deposition of contaminants, and their conductive capabilities are affected by the surface characteristics of the specimen. Thus surface resistivity is not a material property in the usual sense, but can be considered to be related to material properties when contamination is involved.

Some materials, such as laminates, may have quite different resistivities in a surface layer and in the interior. It may therefore be of interest to measure the intrinsic property of a clean surface. Cleaning procedures aimed at producing consistent results should be fully specified bearing in mind the possible effect of solvents and other factors of the cleaning procedure on the surface characteristics.

The surface resistance, especially when high, often changes in an erratic manner, and in general depends strongly on the time of electrification; for measurements, 1 min of electrification is usually specified.

#### 4. Power supply

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

Commonly specified test voltages to be applied to the complete specimen are 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V, 2500 V, 5000 V, 10000 V and 15000 V. Of these the most frequently used are 100 V, 500 V and 1000 V.

In some cases, the specimen resistance depends upon the polarity of the applied voltage.

If the resistance is polarity dependent, this should be indicated. The geometric (arithmetic mean of the logarithmic exponents) mean of the two resistance values is taken as the result.

Since the specimen resistance may be voltage dependent, the test voltage should be stated.

#### 5. Measuring methods and accuracy

##### 5.1 Methods

The methods commonly in use for measuring high resistances are either direct methods or comparison methods.

The direct methods depend upon simultaneous measurement of the direct voltage applied to the unknown resistance and the current through it (voltmeter-ammeter method).

The comparison methods establish the ratio of the unknown resistance to the resistance of a known resistor, either in a bridge circuit, or by comparison of currents through the resistances at fixed voltage.

Des exemples illustrant ces principes sont décrits à l'annexe A.

La méthode voltmètre-ampèremètre nécessite l'emploi d'un voltmètre raisonnablement précis, mais la sensibilité et la précision de la méthode dépendent principalement des caractéristiques du dispositif de mesure du courant qui peut être un galvanomètre, un amplificateur électronique ou un électromètre.

La méthode du pont nécessite uniquement l'emploi d'un détecteur de courant sensible en tant qu'indicateur de zéro. La précision de la mesure est principalement déterminée par celle des résistances connues constituant les branches du pont, qui peuvent être obtenues avec une grande précision et une bonne stabilité dans une large gamme de valeurs.

La précision de la méthode de comparaison du courant dépend de la précision de la résistance connue et de la stabilité et de la linéarité du dispositif de mesure du courant, y compris celles des résistances de mesure associées, etc., tandis que la connaissance des valeurs exactes du courant n'est pas nécessaire tant que la tension est constante.

La détermination de la résistivité transversale par la méthode voltmètre-ampèremètre au moyen d'un galvanomètre, conformément au paragraphe 10.1, est possible pour des résistances inférieures ou égales à environ  $10^{11} \Omega$ . Pour des valeurs supérieures, l'emploi d'un amplificateur à courant continu ou d'un électromètre est recommandé.

Dans la méthode du pont, il n'est pas possible de mesurer directement le courant dans l'éprouvette court-circuitée (voir paragraphe 10.1).

Les méthodes utilisant les dispositifs de mesure du courant permettent un enregistrement automatique du courant facilitant la détermination du régime permanent (paragraphe 10.1).

Il existe des circuits et appareils spéciaux destinés à mesurer les résistances élevées. Ceux-ci peuvent être utilisés à condition qu'ils soient suffisamment précis et stables et qu'il soit possible, si nécessaire, de court-circuiter convenablement l'éprouvette et de mesurer le courant avant la mise sous tension de l'éprouvette.

## 5.2 Précision

Le dispositif de mesure doit permettre de déterminer la résistance inconnue avec une précision totale d'au moins  $\pm 10\%$  pour des résistances inférieures à  $10^{10} \Omega$  et  $\pm 20\%$  pour des valeurs supérieures (voir également annexe A).

## 5.3 Dispositifs de garde

L'isolement du circuit de mesure repose sur des matériaux dont les propriétés sont, dans les cas favorables, comparables à celles du matériau essayé. Des erreurs dans la mesure d'une éprouvette peuvent provenir:

- a) des courants de fuite dus aux tensions parasites dont on ne connaît généralement pas la valeur et qui sont souvent de nature erratique;
- b) des shuntages indésirables de la résistance de l'éprouvette, des résistances de référence ou du dispositif de mesure du courant par des isollements dont la résistance n'est ni connue ni stable.

On peut remédier à ces difficultés en rendant la résistance d'isolement de l'ensemble du circuit aussi élevée que possible. Cela peut conduire à la réalisation de montages d'emploi délicat et qui ne sont pas pour autant aptes à la mesure de résistances supérieures à quelques centaines de mégohms. Un remède plus satisfaisant est obtenu en faisant usage de méthodes mettant en œuvre un dispositif de garde.