

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
247**

Deuxième édition  
Second edition  
1978

---

---

**Mesure de la permittivité relative, du facteur de  
dissipation diélectrique et de la résistivité  
(en courant continu) des liquides isolants**

**Measurement of relative permittivity, dielectric  
dissipation factor and d.c. resistivity  
of insulating liquids**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 247: 1978

## Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, 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 back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
247**

Deuxième édition  
Second edition  
1978

---

---

**Mesure de la permittivité relative, du facteur de  
dissipation diélectrique et de la résistivité  
(en courant continu) des liquides isolants**

**Measurement of relative permittivity, dielectric  
dissipation factor and d.c. resistivity  
of insulating liquids**

© CEI 1978 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 pro-  
cédé, 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

**P**

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

**AVA** Documents  
Document Sharing Hub

## SOMMAIRE

| Articles                                                                                                                                        | Pages |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                                                                                             | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                                                                                                               | 4     |
| 1. Domained d'application . . . . .                                                                                                             | 6     |
| 2. Définitions . . . . .                                                                                                                        | 6     |
| 3. Considérations générales . . . . .                                                                                                           | 8     |
| 4. Appareillage . . . . .                                                                                                                       | 10    |
| 5. Solvant de nettoyage . . . . .                                                                                                               | 14    |
| 6. Nettoyage de la cellule d'essai . . . . .                                                                                                    | 14    |
| 7. Echantillonnage . . . . .                                                                                                                    | 16    |
| 8. Traitement et préparation des échantillons . . . . .                                                                                         | 16    |
| 9. Remplissage de la cellule d'essai . . . . .                                                                                                  | 18    |
| 10. Température d'essai . . . . .                                                                                                               | 18    |
| 11. Mesure du facteur de dissipation . . . . .                                                                                                  | 18    |
| 12. Mesure de la permittivité relative . . . . .                                                                                                | 20    |
| 13. Mesure de la résistivité (en courant continu) . . . . .                                                                                     | 22    |
| ANNEXE A – Autres procédés pour les essais de série du facteur de dissipation diélectrique et de la résistivité des liquides isolants . . . . . | 26    |

Withholding

## CONTENTS

| Clause                                                                                                                                   | Page |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                                                                                                       | 5    |
| PREFACE . . . . .                                                                                                                        | 5    |
| 1. Scope . . . . .                                                                                                                       | 7    |
| 2. Definitions . . . . .                                                                                                                 | 7    |
| 3. General considerations . . . . .                                                                                                      | 9    |
| 4. Apparatus . . . . .                                                                                                                   | 11   |
| 5. Cleaning solvent . . . . .                                                                                                            | 15   |
| 6. Cleaning the test cell . . . . .                                                                                                      | 15   |
| 7. Sampling . . . . .                                                                                                                    | 17   |
| 8. Conditioning and preparation of specimens . . . . .                                                                                   | 17   |
| 9. Filling the test cell . . . . .                                                                                                       | 19   |
| 10. Test temperature . . . . .                                                                                                           | 19   |
| 11. Measurement of dissipation factor . . . . .                                                                                          | 19   |
| 12. Measurement of relative permittivity . . . . .                                                                                       | 21   |
| 13. Measurement of d.c. resistivity . . . . .                                                                                            | 23   |
| APPENDIX A – Alternative procedures for routine testing of dielectric dissipation factor and resistivity of insulating liquids . . . . . | 27   |

Withholding

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURE DE LA PERMITTIVITÉ RELATIVE, DU FACTEUR  
DE DISSIPATION DIÉLECTRIQUE ET DE LA RÉSISTIVITÉ  
(EN COURANT CONTINU) DES LIQUIDES ISOLANTS**

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 première édition de cette norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants, et a été publiée en 1967 sous le titre: Cellules recommandées pour la mesure de la résistivité des liquides isolants et technique de nettoyage des cellules.

A la suite de la publication de cette norme et en considération des modifications apportées aux domaines d'activités des Comités d'Etudes N° 15 et N° 10 respectivement, il a été décidé de transmettre au Comité d'Etudes N° 10: Diélectriques liquides et gazeux, la responsabilité de sa révision ou de l'édition de compléments qui seraient éventuellement nécessaires.

Le Comité d'Etudes N° 10 a entrepris la révision de cette norme en 1970 avec un domaine d'application élargi, considérant qu'il était souhaitable de traiter l'ensemble du sujet de la mesure des caractéristiques diélectriques des liquides isolants sous la forme d'une seule publication.

Des projets ont été discutés lors de la réunion tenue à Baden-Baden en 1975. A la suite de cette réunion, un projet document, 10(Bureau Central)222, a été soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois en septembre 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')

Allemagne

Australie

Autriche

Belgique

Canada

Danemark

Egypte

Espagne

Etats-Unis d'Amérique

Finlande

France

Hongrie

Italie

Japon

Norvège

Pays-Bas

Pologne

Royaume-Uni

Suisse

Tchécoslovaquie

Turquie

Union des Républiques

Socialistes Soviétiques

Yougoslavie

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

Publications n°s 93: Méthodes recommandées pour la mesure des résistivités transversales et superficielles d'un matériau isolant électrique.

250: Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises).

475: Méthode d'échantillonnage des diélectriques liquides.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT OF RELATIVE PERMITTIVITY,  
DIELECTRIC DISSIPATION FACTOR AND  
D.C. RESISTIVITY OF INSULATING LIQUIDS**

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

The first edition of this standard was prepared by IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials, and was published in 1967 with the title: Recommended Test Cells for Measuring the Resistivity of Insulating Liquids and Methods of Cleaning the Cells.

Following the publication of this standard, in view of amendments made to the scopes of both Technical Committee No. 15 and Technical Committee No. 10, it was agreed that responsibility for its revision, or for the publication of such supplements as might be required, would pass to Technical Committee No. 10, Liquid and Gaseous Dielectrics.

In 1970 Technical Committee No. 10 considering that it was advisable to cover the whole subject of the measurement of dielectric properties of insulating liquids in a single publication, undertook revision of this standard with an extended scope.

Drafts were discussed at the meeting held in Baden-Baden in 1975. As a result of this meeting, a draft, Document 10(Central Office)222, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Australia      | Japan                               |
| Austria        | Netherlands                         |
| Belgium        | Norway                              |
| Canada         | Poland                              |
| Czechoslovakia | Spain                               |
| Denmark        | South Africa (Republic of)          |
| Egypt          | Switzerland                         |
| Finland        | Turkey                              |
| France         | Union of Soviet Socialist Republics |
| Germany        | United Kingdom                      |
| Hungary        | United States of America            |
| Italy          | Yugoslavia                          |

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 93: Recommended Methods of Test for Volume and Surface Resistivities of Electrical Insulating Materials.
- 250: Recommended Methods for the Determination of the Permittivity and Dielectric Dissipation Factor of Electrical Insulating Materials at Power, Audio and Radio Frequencies including Metre Wavelengths.
- 475: Method of Sampling Liquid Dielectrics.

# MESURE DE LA PERMITTIVITÉ RELATIVE, DU FACTEUR DE DISSIPATION DIÉLECTRIQUE ET DE LA RÉSISTIVITÉ (EN COURANT CONTINU) DES LIQUIDES ISOLANTS

## 1. Domaine d'application

La présente norme donne la description de méthodes qui permettent la détermination du facteur de dissipation diélectrique, de la permittivité relative et de la résistivité (en courant continu) des hydrocarbures et des askarels\*, liquides à la température d'essai.

Ces méthodes sont d'abord destinées à l'exécution des essais de référence sur des liquides neufs; mais elles peuvent également être appliquées aux liquides en service dans des transformateurs, des câbles et autres appareillages électriques. Cependant, lorsqu'il est demandé d'exécuter des essais de série, les procédures simplifiées de l'annexe A peuvent être utilisées.

Les procédures d'essai décrites peuvent être utilisées avec succès avec des liquides isolants autres que les hydrocarbures liquides et les askarels mais, dans ce cas, d'autres procédés de nettoyage peuvent être requis.

## 2. Définitions

### 2.1 Permittivité relative

La permittivité relative d'un isolant est le rapport entre la capacité  $C_x$  d'un condensateur, dans lequel l'espace entre les électrodes et autour d'elles est entièrement et exclusivement rempli de l'isolant en question, et la capacité  $C_0$  de la même disposition d'électrodes dans le vide.

La capacité  $C_a$  de la disposition d'électrodes dans l'air peut être normalement utilisée au lieu de  $C_0$  pour déterminer la permittivité relative avec une précision suffisante.

### 2.2 Facteur de dissipation diélectrique

Le facteur de dissipation diélectrique ( $\tan \delta$ ) d'un matériau isolant est la tangente de l'angle de pertes.

L'angle de pertes est l'angle pour lequel la différence de phase entre la tension appliquée et le courant qui en résulte dévie de  $\pi/2$  rad lorsque le diélectrique du condensateur se compose exclusivement du matériau isolant.

### 2.3 Résistivité de volume (en courant continu)

La résistivité de volume d'un matériau isolant est le quotient de l'intensité d'un champ électrique continu par la valeur stationnaire de la densité du courant dans le matériau.

L'unité de résistivité est l'ohm mètre ( $\Omega\text{m}$ ).

\* Le terme «askarel» englobe une catégorie étendue d'isolants liquides qui, étant constitués totalement ou partiellement de polychlorobiphényles, peuvent être des polluants persistants pour l'environnement.

Il faut veiller, au cours de la manipulation ou de l'élimination de ces produits, à ne pas les répandre dans l'environnement.

# MEASUREMENT OF RELATIVE PERMITTIVITY, DIELECTRIC DISSIPATION FACTOR AND D.C. RESISTIVITY OF INSULATING LIQUIDS

## 1. Scope

This standard describes methods for the determination of dielectric dissipation factor, relative permittivity and d.c. resistivity of hydrocarbons and askarels\* which are liquid at the test temperature.

The methods are primarily intended for making reference tests on unused liquids but they may also be applied to liquids in service in transformers, cables and other electrical apparatus. However, when it is desired to make routine determinations, simplified procedures, as described in Appendix A, may be adopted.

The test procedures described may be used successfully with insulating liquids other than hydrocarbon liquids and askarels, though it is recognized that alternative cleaning procedures may be required.

## 2. Definitions

### 2.1 *Permittivity (relative)*

The relative permittivity of an insulating material is the ratio of capacitance  $C_x$  of a capacitor in which the space between and around the electrodes is entirely and exclusively filled with the insulating material in question, to the capacitance  $C_o$  of the same configuration of electrodes in vacuum.

The capacitance  $C_a$  of the configuration of electrodes in air can normally be used instead of  $C_o$  to determine the relative permittivity with sufficient accuracy.

### 2.2 *Dielectric dissipation factor*

The dielectric dissipation factor ( $\tan \delta$ ) of an insulating material is the tangent of the loss angle.

The loss angle is the angle by which the phase difference between applied voltage and the resulting current deviates from  $\pi/2$  rad when the dielectric of the capacitor consists exclusively of the insulating material.

### 2.3 *D.C. resistivity (volume)*

The volume resistivity of an insulating material is the quotient of a d.c. electrical field strength and the steady state current density within the material.

The unit of resistivity is the ohm meter ( $\Omega m$ ).

\* The term askarel describes a broad class of insulating liquids that, being totally or partly based on polychlorobiphenyls, can be persistent environmental contaminants.

Care is needed in handling or disposing of them to prevent entry into the environment.

### 3. Considérations générales

#### 3.1 Permittivité et facteur de dissipation diélectrique

La permittivité et le facteur de dissipation diélectrique d'un liquide isolant électrique dépendent beaucoup des conditions expérimentales de mesure, notamment de la température et de la fréquence de la tension appliquée. La permittivité et le facteur de dissipation résultent de la polarisation diélectrique et de la conductance du matériau.

A fréquence industrielle et à température suffisamment élevée, conformément aux présentes méthodes, les pertes diélectriques peuvent être attribuées exclusivement à la conductance du liquide, c'est-à-dire à la présence de porteurs de charge libres dans ce liquide. Les mesures des propriétés diélectriques de liquides isolants de haute pureté acquièrent ainsi une grande importance pour mettre en évidence la présence de polluants ionisables.

La contribution de la conductance aux pertes diélectriques du liquide est une fonction inverse de la fréquence de mesure et varie avec la viscosité du milieu. La valeur de la tension d'essai utilisée pour la mesure du facteur de dissipation est moins importante. Elle dépend souvent de la sensibilité du pont de mesure. Toutefois, il faut se rappeler qu'un gradient de tension trop élevé provoque des phénomènes secondaires aux électrodes, un échauffement dû à des effets diélectriques, des décharges, etc.

Tandis que des quantités relativement importantes d'impuretés produisent des variations comparativement faibles de la permittivité, le facteur de dissipation des liquides isolants peut être fortement influencé par des traces de polluants ionisables dissous ou par des particules colloïdales. Les askarels sont beaucoup plus sensibles à la contamination que les hydrocarbures liquides, car leur polarité est plus élevée et il en résulte un pouvoir solvant et une possibilité de dissociation plus importants. Pour cette raison, la manipulation des askarels demande relativement plus de précautions que celle des hydrocarbures liquides.

Des résultats discordants sont généralement dus à la contamination résultant d'un prélèvement ou d'une manipulation incorrects des échantillons liquides, d'un nettoyage incomplet des cellules ou de la présence d'eau non dissoute.

Une longue exposition à une lumière intense durant la conservation de l'échantillon peut amener une dégradation avec des valeurs élevées des résultats. Des méthodes normalisées pour la conservation et le transport des échantillons liquides ainsi que pour la construction et le nettoyage de la cellule doivent être recommandées afin de minimiser toutes les erreurs dues à la contamination.

On peut obtenir des résultats erratiques suivant le moment où l'on effectue la mesure du facteur de dissipation. En fait, lorsqu'on verse le diélectrique liquide dans la cellule chauffée à température constante, la tangente de l'angle de pertes peut varier d'une façon importante en fonction du temps, même en l'absence de contraintes électriques. Cet effet est plus important pour les askarels. L'évolution dépend du rapport de la surface des électrodes au volume de liquide, et de la température d'essai.

Puisque la valeur initiale est considérée comme étant représentative de l'état réel du liquide, il est très souhaitable de mesurer le facteur de dissipation dès que l'équilibre de température est atteint. Le facteur de dissipation est très sensible aux changements de température, la dépendance en  $1/K$  étant exponentielle. Il est par conséquent nécessaire d'effectuer les mesures dans des conditions de température suffisamment précises. La procédure décrite ci-dessous permet de minimiser le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre thermique entre l'échantillon et la cellule.

### 3. General considerations

#### 3.1 *Permittivity and dielectric dissipation factor*

The permittivity and the dielectric dissipation factor of electrical insulating liquids depend to a considerable extent on the test conditions under which they are measured, in particular on the temperature and on the frequency of the applied voltage. Permittivity and dissipation factor are the results of dielectric polarization and conductance of the material.

At power frequency and sufficiently high temperature, as recommended in these methods, the losses may exclusively be attributable to the conductance of the liquid, that is, to the presence of free charge carriers in the liquid. Measurements of the dielectric properties of high purity insulating liquids are therefore of value as an indication of the presence of ionizable contaminants.

The contribution to dielectric losses from the conductance of the liquid is inversely dependent on measuring frequency and varies with the viscosity of the medium. The value of the test voltage when measuring the dissipation factor is less important. It is often governed by the sensitivity of the measuring bridge. However, it must be borne in mind that too high a voltage stress results in secondary phenomena at the electrodes, dielectric heating, discharges, etc.

While relatively large amounts of impurities produce a comparatively small change in permittivity, the dissipation factor of insulating liquids may be strongly affected by traces of ionizable dissolved contaminants or colloidal particles. Askarels are much more sensitive to contamination than hydrocarbon liquids due to their higher polarity, which results in turn in higher solvent power and dissociation capability. Therefore they require comparatively greater care in handling than hydrocarbon liquids.

Unreliable results usually originate from contamination due to improper sampling or handling of liquid specimens, from incomplete cleaning of the cells or from the presence of undissolved water.

Long exposure to strong light during storage may lead to deterioration with high results. Standardized procedures for the storage and transfer of the liquid samples and for the construction and cleaning of test cells shall be recommended so that errors caused by contamination are minimized.

Erratic results may arise from the time dependance of dissipation factor measurements. In fact, when an insulating liquid is introduced into a cell heated to a constant temperature, its dissipation factor may significantly change with time even in absence of electrical stress. The magnitude of the time effect is more important with askarels. The rate of the change depends on the ratio of area of electrodes to volume of liquid and on the test temperature.

Since the initial value is thought to be representative of the actual condition of the liquid it appears most desirable that dissipation factor should be measured as soon as temperature equilibrium has been reached. The dissipation factor is very sensitive to changes of temperature, the dependance on  $1/K$  being exponential. It is therefore necessary to carry out measurements under sufficiently precise temperature conditions. The procedure described below allows the time necessary for the test specimen to attain temperature equilibrium with the test cell to be kept to a minimum.