

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
1294**

Première édition  
First edition  
1993-10

---

**Isolants liquides – Détermination  
de la tension d'apparition des décharges  
partielles (TADP) –  
Méthode d'essai**

**Insulating liquids – Determination  
of the partial discharge inception  
voltage (PDIV) –  
Test procedure**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1294: 1993

### Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CIEI 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 CIEI et en consultant les documents ci-dessous:

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

### Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CIEI: 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 CIEI, le lecteur consultera:

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

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

### Publications de la CIEI établies par le même Comité d'Études

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CIEI préparées par le Comité d'Études 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.

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
1294**

Première édition  
First edition  
1993-10

---

---

**Isolants liquides – Détermination  
de la tension d'apparition des décharges  
partielles (TADP) –  
Méthode d'essai**

**Insulating liquids – Determination  
of the partial discharge inception  
voltage (PDIV) –  
Test procedure**

© CEI 1993 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 le photocopie et  
le microfilm, 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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

L

Pour prix, voir cotation de rigueur  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

	Page
Avant-propos .....	4
Introduction.....	6
Articles	
1. Domaine d'application .....	8
2. Documents de référence .....	8
3. Définitions .....	8
4. Remarques générales sur la tension d'apparition des décharges partielles.....	10
5. Résumé de la méthode .....	10
6. Appareillage .....	10
7. Préparation de l'échantillon et de l'équipement .....	14
8. Mode opératoire .....	16
9. Résultats d'essai .....	16
10. Fidélité .....	18
Figure 1 - Cellule d'essai.....	20
Annexe A - Mode opératoire d'essai pour la détermination de la tension d'apparition des décharges partielles des isolants liquides .....	22

## CONTENTS

	Page
Foreword .....	5
Introduction.....	7
Clause	
1. Scope .....	9
2. Reference documents.....	9
3. Definition .....	9
4. General notes on the partial discharge inception voltage .....	11
5. Outline of the method .....	11
6. Apparatus .....	11
7. Preparation of the test sample and equipment .....	15
8. Test procedure.....	17
9. Report.....	17
10. Precision .....	19
Figure 1 - Test cell.....	20
Appendix A - Test procedure for the determination of the partial discharge inception voltage of insulating liquids.....	23

## COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ISOLANTS LIQUIDES - DÉTERMINATION DE LA TENSION D'APPARITION DES DÉCHARGES  
PARTIELLES (TADP) - MÉTHODE D'ESSAI

## AVANT-PROPOS

- 1) La CIEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CIEI). La CIEI 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 CIEI, 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 CIEI, participent également aux travaux. La CIEI 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 CIEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CIEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CIEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CIEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La tâche principale des comités d'études de la CIEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants :

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne devant pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CIEI 1294 rapport technique de type 3 a été établie par le groupe de travail 2 du Comité Technique 15 de la CIGRE à la demande du SC 10A de la CIEI aujourd'hui dissous.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants :

Projet de comité	Rapport de vote
10(Sec)315	10(Sec)319

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

Le présent rapport est publié dans la série des rapports techniques de type 3 (conformément au paragraphe G.4.2.3 de la partie 1 des Directives CIEI/ISO). Ce rapport ne doit pas être considéré comme une "Norme internationale".

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATING LIQUIDS - DETERMINATION OF THE PARTIAL DISCHARGE INCEPTION  
VOLTAGE (PDIV) - TEST PROCEDURE

## 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 cooperation 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, 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following type :

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1294 has been prepared by Working Group 2 of CIGRE Technical Committee 15 on request of IEC SC 10A presently disbanded.

The text of this technical report is based on the following documents :

Committee draft	Report on Voting
10(Sec)315	10(Sec)319

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

This report is issued in the type 3 technical report series of publications (according to G.4.2.3 of part 1 of the IEC/ISO Directives). This report is not to be regarded as an "International Standard".

## INTRODUCTION

Le présent rapport technique fait état du développement d'une technique nouvelle permettant de caractériser la faculté des isolants liquides à prévenir ou à supprimer les décharges partielles lorsque les liquides sont soumis à des contraintes électriques élevées. Il est publié pour permettre aux laboratoires étudiant les isolants liquides d'obtenir des renseignements complémentaires à ceux fournis par les CEI 628 et 897.



## INTRODUCTION

This technical report states the progress of a new method to characterize the ability of insulating liquids to prevent or suppress partial discharges when the liquids are submitted to high electrical stress. It is published as an aid to laboratories investigating insulating liquids to get additional information to those provided by IEC 628 and 897.

# ISOLANTS LIQUIDES - DÉTERMINATION DE LA TENSION D'APPARITION DES DÉCHARGES PARTIELLES (TADP) - MÉTHODE D'ESSAI

---

## 1 Domaine d'application

Le présent rapport technique décrit une méthode d'essai pour mesurer la tension d'apparition des décharges partielles (TADP). Il fait partie d'un ensemble de méthodes développées récemment pour décrire le comportement des liquides isolants soumis à un champ électrique élevé.

La méthode est applicable à tous les types d'isolants liquides utilisés dans les équipements à moyenne et haute tension. Cependant l'appareillage décrit dans ce rapport peut ne pas être adapté aux liquides présentant des valeurs de TADP supérieures à 70 kV (voir annexe A). Des renseignements additionnels peuvent être obtenus par les propriétés de gassing (CEI 828) et par la tension de claquage au choc de foudre (CEI 897) en complément de la mesure de rigidité diélectrique largement utilisée (CEI 156).

## 2 Documents de référence

CEI 156 : 1983, Méthode pour la détermination de la rigidité électrique des huiles isolantes

CEI 270 : 1981, Mesures des décharges partielles

CEI 897 : 1987, Méthodes de détermination de la tension de claquage au choc de foudre des liquides isolants

CEI 1072 : 1991, Méthodes d'essais pour évaluer la résistance des matériaux isolants à la formation d'arborescences électriques

ISO 5725 : 1986, Fidélité des méthodes d'essai - Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires

## 3 Définitions

Dans ce rapport technique, la tension d'apparition des décharges partielles (TADP) d'un isolant liquide est la plus basse tension pour laquelle une décharge partielle de charge apparente au moins égale à 100 pC se produit lorsque l'échantillon est essayé dans des conditions spécifiées.

NOTE - On trouvera tous les détails concernant la mesure des décharges partielles ainsi que les définitions dans la publication CEI 270.

# INSULATING LIQUIDS - DETERMINATION OF THE PARTIAL DISCHARGE INCEPTION VOLTAGE (PDIV) - TEST PROCEDURE

---

## 1 Scope

This technical report describes a test procedure to measure the partial discharge inception voltage (PDIV). It is one of a group of methods which have been recently developed to describe the behaviour of insulating liquids when subjected to high electrical stress.

The method is applicable to all types of insulating liquids used in medium and high voltage equipment. Nevertheless the equipment described in this report may not be adapted to liquids with values of PDIV greater than 70 kV (see annex A).

Complementary information may be obtained by the gassing properties (IEC 628) and the lightning impulse breakdown voltage (IEC 897) in addition to the widely used measurement of electric strength (IEC 156).

## 2 Reference documents

IEC 156 : 1963, Method for the determination of the electric strength of insulating oils

IEC 270 : 1981, Partial discharge measurements

IEC 897 : 1987, Methods for the determination of the lightning impulse breakdown voltage of insulating liquids

IEC 1072 : 1991, Methods of test for evaluating the resistance of insulating materials against the initiation of electrical trees

ISO 5725 : 1986, Precision of the test methods - Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests

## 3 Definition

According to this technical report, the partial discharge inception voltage (PDIV) of an insulating liquid is the lowest voltage at which a partial discharge occurs of an apparent charge equal to or exceeding 100 pC when the sample is tested under the specified conditions.

NOTE - All details related in partial discharge measurement and definitions are to be found in IEC Publication 270.

#### 4 Remarques générales sur la tension d'apparition des décharges partielles

L'expérience des essais avec des électrodes à aiguilles a montré que des décharges partielles se produisent dans le liquide pour une valeur de tension seuil appelée TADP, après quoi le nombre de décharges augmente logarithmiquement avec la tension appliquée. L'essai décrit dans ce rapport permet de déterminer la TADP d'un liquide. Une autre classification des liquides peut être obtenue avec le même appareillage d'essai en terme d'augmentation du nombre de décharges avec la tension mais ce document ne contient pas le mode opératoire correspondant.

Dans l'état actuel des connaissances, la TADP des liquides est considérée comme étant principalement reliée à leur composition chimique, et relativement peu affectée par le conditionnement. On trouve généralement le contraire pour les mesures de tension de claquage en fréquence industrielle et en champ plus uniforme (CEI 156).

#### 5 Résumé de la méthode

Après traitement dans les conditions spécifiées, le liquide isolant est versé dans la cellule d'essai décrite dans ce rapport. Une tension alternative de fréquence industrielle est augmentée à vitesse constante et l'apparition de décharges est surveillée à l'aide d'un instrument de mesure des décharges partielles (DP) approprié. La tension pour laquelle la charge apparente des décharges partielles atteint ou dépasse 100 pC est notée. On réalise au minimum 10 mesures de TADP pour deux remplissages différents de la cellule. La moyenne des valeurs moyennes des deux séries constitue le résultat.

#### 6 Appareillage

##### 6.1 Cellule d'essai

Un exemple de cellule d'essai représenté à la figure 1 est le même que celui décrit dans la CEI 897 avec une électrode à aiguille et une distance interélectrodes différentes.

6.1.1 La cellule d'essai devra consister en un récipient comprenant un espace vertical. Le volume de liquide dans cette cellule devra être d'environ 300 ml. Les matériaux isolants utilisés devront avoir une rigidité diélectrique élevée, être compatibles avec les liquides à essayer et résistants aux solvants et aux agents de nettoyage utilisés pour ces liquides. Les seules parties métalliques seront les électrodes et leurs supports. La cellule d'essai ne devra pas présenter de décharges partielles à 70 kV lorsqu'on l'essayera selon la méthode décrite au paragraphe 7.2.2.

6.1.2 La cellule d'essai doit être munie de deux électrodes formant une configuration pointe-sphère réglable. L'électrode sphérique doit être une bille pour roulements de diamètre compris entre 12,5 mm et 13 mm. L'électrode pointe doit être une aiguille présentant un rayon de 3  $\mu\text{m}$  à la pointe conforme à celle décrite dans la CEI 1072.

NOTE - Une aiguille satisfaisante de 50 mm de longueur et 1 mm de diamètre peut être obtenue après de Ogura Jewel Industry Co Ltd., 7-12 Omori-ka 5 - Chome-Ota-Ku, Tokyo, 143 Japan.

La distance entre l'aiguille et la sphère est réglée à  $50 \pm 1$  mm. Le dépassement de la pointe par rapport à son support est réglé à  $25 \pm 1$  mm. Ces dimensions sont représentées à la figure 1.

NOTE - On prendra garde de ne pas abîmer l'extrémité de l'aiguille, en mesurant la distance. Une faible erreur sur la distance pointe-sphère n'affecte pas la TADP mais une petite variation du diamètre de l'aiguille peut affecter le résultat de manière significative. L'aiguille d'essai ne doit pas entrer en contact avec l'électrode sphérique.

#### 4 General notes on the partial discharge inception voltage

Experience of tests with needle electrodes has shown that partial discharges occur in the test liquid at a threshold voltage known as the PDIV, thereafter the number of partial discharges is found to increase logarithmically with applied voltage. The test described in this report determines the PDIV of a liquid. Further classification of liquids in terms of the increase in discharge number with voltage may be performed with the same test arrangement but the procedure is not covered in this document.

At the present state of knowledge, PDIV in liquids is considered to be mostly related to their chemistry, and relatively little affected by the conditioning. The opposite is usually found with breakdown voltage measurements in a more uniform field at power frequency (IEC 155).

#### 5 Outline of the method

After treatment under the specified conditions the insulating liquid is poured into the test cell described in this report. A power frequency a.c. voltage is increased at a constant rate and the appearance of discharges is monitored by an appropriate partial discharges (PD) measuring device. The voltage at which the apparent charge of the discharges is equal to or larger than 100 pC is recorded. At least 10 PDIV measurements are made on each of two different fillings of the cell. The average of the mean values of the two series is taken as the result.

#### 6 Apparatus

##### 6.1 Test Cell

An example of the test cell illustrated in figure 1 is the same as the one described in IEC 897 with a different needle electrode and electrode spacing.

6.1.1 The test cell shall consist of a vessel containing a vertical gap. The volume of liquid in this cell shall be of the order of 300 ml. Insulating materials used in the cell shall be high dielectric strength, compatible with the insulating liquids to be tested, and resistant to solvents and cleaning agents commonly used for these liquids. Metal parts shall be restricted to the electrode and their supports. The test cell shall be discharge free at 70 kV using the method described in subclause 7.2.2.

6.1.2 The cell shall contain two electrodes forming an adjustable point to sphere configuration. The spherical electrode shall be a 12,5 mm to 13 mm diameter steel ball bearing. The point electrode shall be a needle of 3  $\mu$ m radius at the tip as described in the IEC 1072.

NOTE - Suitable needle of 50 mm length and 1 mm diameter may be obtained from Ogura Jewell Industry Co Ltd., 7-12 Omori-ka 5 - Chome-Ota-Ku, Tokyo, 143 Japan.

The distance from needle to sphere is set at  $50 \pm 1$  mm. The extension of the needle from the holder is set at  $25 \pm 1$  mm. These dimensions are shown in figure 1.

NOTE - Care must be taken not to damage the tip of the needle when measuring the gap. A small error in the gap length does not affect the PDIV but a small change in the diameter of the needle may significantly affect the result. The test needle shall not be brought into contact with the sphere electrode.

### 6.2 *Circuit à haute tension*

Le circuit à haute tension doit délivrer une tension alternative réglable de fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz jusqu'à la tension d'essai maximum requise. Avec la cellule décrite au paragraphe 6.1 la tension de sortie du transformateur peut atteindre 80 kV (valeur efficace). La tension doit être sinusoïdale dans la limite d'un facteur de crête compris entre 1,34 et 1,48 ( $\sqrt{2} \pm 5\%$ ). L'appareillage doit être exempt de décharges partielles pour satisfaire aux exigences du paragraphe 7.2.2.

### 6.3 *Appareil de mesure des décharges partielles*

L'expérience a été acquise avec divers détecteurs de décharges dont la bande passante est typiquement comprise entre 10 kHz et 300 kHz. Les appareils travaillant à plus haute fréquence ne sont pas recommandés pour les mesures avec la cellule d'essai des liquides. Le détecteur peut être calibré en utilisant la procédure décrite au paragraphe 7.2.1.

### 6.4 *Solvants de nettoyage*

Un solvant approprié de qualité technique doit être utilisé pour nettoyer la cellule, selon la nature du liquide en essai. Par exemple, du cyclohexane peut être utilisé pour enlever les résidus des différents types d'hydrocarbures liquides. Juste avant de démarrer le mode opératoire décrit à l'article 8, il est recommandé de rincer la cellule avec une quantité du liquide pour essai traité selon le paragraphe 7.1.

## 6.2 High-voltage circuit

The high-voltage circuit shall provide a controlled a.c. voltage of frequency 48 Hz to 62 Hz up to the maximum required test voltage. With the cell described in subclause 6.1 the output of the transformer can be up to 80 kV (r.m.s.). The voltage shall be sinusoidal to the extent that the crest factor is within the limits 1,34 and 1,48 (i.e.  $\sqrt{2} \pm 5\%$ ). The equipment shall be sufficiently free of partial discharges to meet the requirement of subclause 7.2.2.

## 6.3 Partial discharges measuring device

Experience has been gained using various commercially available discharge detectors with frequency response typically in the range 10 kHz to 300 kHz. Instruments operating at higher frequency are not recommended for use with the liquid test cell. The detector can be calibrated using the procedure given in subclause 7.2.1.

## 6.4 Cleaning solvents

An appropriate solvent of technical grade shall be used to clean the test cell, depending on the nature of the test fluid. For example, cyclohexane may be used to dissolve the residue of many types of hydrocarbon liquid. Immediately before starting the test procedure given in clause 8 it is recommended that the test cell is rinsed with a quantity of the test liquid which has been treated in accordance with subclause 7.1.

## 7 Préparation de l'échantillon et de l'équipement

### 7.1 Echantillon pour essai

Le liquide doit être traité par passage à travers une colonne Rachig ou équivalente et par un filtrage approprié sous vide.

Des conditions convenables sont les suivantes :

Filter :	verre fritté 5 $\mu\text{m}$
Température :	60 °C environ
Pression absolue :	100 Pa (ou moins)

À l'issue du traitement le liquide doit être refroidi jusqu'à la température ambiante sous vide. On peut le laisser dans le récipient de traitement pendant quelques heures si nécessaire, toujours sous vide. Des bouteilles (en verre brun) de 2 litres chacune seront remplies complètement à partir du récipient de traitement puis scellées.

### 7.2 Appareillage

7.2.1 L'appareil de mesure des décharges partielles doit être calibré en charge apparente à l'aide d'un instrument de calibration adapté (voir CEI 270, article 5).

7.2.2 Vérifier que l'appareil est exempt de décharges partielles de la manière suivante : remplir la cellule avec un isolant liquide. Enlever l'aiguille et appliquer la tension d'essai maximale requise pendant 5 min. Durant ce temps aucune décharges d'amplitude supérieure à 50 pC ne doit être enregistrée. Il est possible d'utiliser des techniques électrique, acoustique ou optique pour distinguer les décharges dans l'échantillon des parasites extérieurs.



## 7 Preparation of the test sample and equipment

### 7.1 Test Sample

The liquid is to be treated by passing through a Rachig or similar column and appropriate filter under vacuum.

Typical conditions are as follows :

Filter :	5 $\mu\text{m}$ sintered glass
Temperature :	approximately 60 °C
Absolute pressure :	100 Pa (or less)

At the end of the treatment the liquid is to be cooled down to room temperature under vacuum. It may be allowed to stay in the treatment vessel for a few hours if needed, still under vacuum. Bottles (brown glass), of 2 litres each, will be completely filled from the treatment vessel and then sealed.

### 7.2 Equipment

7.2.1 Calibrate the PD measurement device in terms of apparent charge magnitude with an appropriate calibration device (see IEC 270, clause 5).

7.2.2 Check that the equipment is free from partial discharges as follows : fill the cell with an insulating liquid. Remove the test needle and apply the maximum required test voltage for 5 min. During this period no discharges exceeding 50 pC are to be registered. It is permissible to use electrical, acoustic and optical techniques to discriminate between discharges in the sample and background interference.

### 8 Mode opératoire

- 1) Remplir la cellule d'essai propre en versant doucement le liquide dans la cellule.
- 2) Laisser le liquide reposer pendant 15 min avant la première application de tension.
- 3) Connecter la cellule au transformateur de tension alternatif (fréquence industrielle). Augmenter la tension à partir de zéro à une vitesse de 1 kV/s jusqu'à ce qu'une décharge partielle de charge apparente supérieure ou égale à 100 pC se produise. Noter la tension  $V_1$ . Abaisser rapidement la tension jusqu'à zéro.
- 4) Effectuer des mesures successives sur le même remplissage de la cellule de manière à enregistrer au minimum 10 valeurs ( $V_1$  à  $V_{10}$ ). Attendre un temps 1 min entre chaque application de tension. Calculer la moyenne et l'écart type des valeurs individuelles.
- 5) Vider la cellule.
- 6) Mettre en place une aiguille neuve.
- 7) Remplir la cellule d'essai avec une nouvelle partie de l'échantillon et répéter les étapes 2 à 4.
- 8) Si l'écart entre les deux valeurs moyennes obtenues dépasse la répétabilité  $r$  (voir article 10), un essai supplémentaire doit être effectué. Quel que soit le résultat du troisième essai, les mesures sont alors terminées.

### 9 Résultats d'essai

Rapporter la moyenne des deux valeurs moyennes qui satisfassent l'exigence de répétabilité comme valeur de la TADP de l'échantillon essayé. Dans le cas contraire, rapporter la moyenne des valeurs moyennes des trois séries d'essai ainsi que la dispersion.

Il convient que le rapport comprenne également les informations suivantes :

- l'identification de l'échantillon et sa préparation;
- une description de la cellule si celle-ci est différente de celle décrite dans ce rapport;
- une description de l'appareil de mesure des décharges partielles;
- le nombre de séries d'essai;
- la valeur moyenne de la TADP (kV) et l'écart type pour chaque série;
- tout écart par rapport à la procédure décrite dans ce rapport.

## 8 Test procedure

- 1) Fill the clean test cell by gently pouring the liquid into the cell.
- 2) Allow the liquid to stand for 15 min before the first voltage application.
- 3) Connect the cell to the ac (power frequency) transformer. Increase the voltage from zero at a rate of 1 kV/s until a partial discharge occurs of apparent charge equal to or greater than 100 pC. Record the voltage  $V_1$ . Rapidly decrease the voltage down to zero.
- 4) Make repeated measurements on the same filling of the cell to record at least 10 values ( $V_1$  to  $V_{10}$ ). Allow an interval of 1 min between each voltage application. Calculate the mean value and the standard deviation of the individual measurements.
- 5) Empty the cell.
- 6) Insert a new needle.
- 7) Refill the test cell with a new portion of the test sample and repeat steps 2 to 4.
- 8) If the difference between the two mean values obtained exceeds the repeatability,  $r$  (see clause 10), then one further test shall be made. Without regard to the result of the third test the measurements are finished.

## 9 Report

Report the average of the two mean values which meet the repeatability requirement as the PDIV value of the test sample. Otherwise report the average of the mean values for the three series of measurements and the spread.

The report should also include the following :

- the sample identification and preparation;
- a description of the cell if different from the one described in this report;
- a description of the type of PD measuring device;
- the number of test series;
- the mean value of the PDIV (kV) and the mean standard deviation for each serie;
- any departure from the procedure described in this report.

## 10 Fidélité

Des expériences de fidélité permettant de déterminer la répétabilité ( $r$ ) et la reproductibilité ( $R$ ) nécessitent la coopération d'un grand nombre de laboratoires. Ces expériences peuvent être organisées lorsque la méthode est utilisée largement en suivant la procédure de l'ISO 5725. Une indication des valeurs attendues est fournie par les résultats d'un essai circulaire impliquant cinq laboratoires (voir tableau 1). A titre d'exemple les valeurs obtenues pour l'huile minérale sont  $r = 5$  kV (valeur efficace) et  $R = 7$  kV (valeur efficace).

La connaissance d'une valeur de  $r$  est utile pour détecter des erreurs qui peuvent provenir occasionnellement de l'utilisation d'une aiguille défectueuse. A l'article 8 (point B) le choix de répéter un essai lorsque la différence entre deux résultats sur un même échantillon dépasse  $r$  a été fait. La différence entre deux résultats sur des échantillons identiques ne devrait pas dépasser  $r$  plus d'une fois sur 20 lorsque la méthode est appliquée normalement et correctement.

Tableau 1 - Résumé des résultats de TADP obtenus par cinq laboratoires dans un essai circulaire sur deux huiles

Laboratoires	Huile minérale 1			Huile minérale 2		
	$m$ kV	$\alpha$ kV	$\sigma/m\%$	$m$ kV	$\alpha$ kV	$\sigma/m\%$
1	31,0	0,8	1,8	33,6	1,1	3,3
2	28,6	1,6	5,6	30,7	1,4	4,6
3	28,3	3,0	10,6	29,8	1,9	6
4	31,5	1,1	3,5	33,1	1,7	5,1
5	27,6	1,8	6,5	33,4	0,9	2,7

## 10 Precision

Precision experiments to determine the repeatability ( $r$ ) and reproducibility ( $R$ ) require the cooperation of a large number of laboratories. These experiments can be organised when the method is in general use following the procedure of ISO 5725. An indication of the values to be expected is provided by the results of a Round Robin Test involving five laboratories (see table 1). As an example, the values obtained with mineral oil are  $r = 5$  kV (r.m.s.) and  $R = 7$  kV (r.m.s.).

The availability of a value for  $r$  is helpful in detecting errors which may occasionally result from the use of an imperfect needle. In Clause B (item 8) of this document the option of repeating a test is given whenever the difference between the results for two tests on the same sample exceeds  $r$ . The difference between two results for identical samples will exceed the repeatability value  $r$  on average not more than once in 20 cases in the normal and correct operation of the method.

**Table 1 - Summary of the PDIV results obtained by five laboratories in a round robin test on two oils**

Laboratories	Mineral oil 1			Mineral oil 2		
	$m$ kV	$\sigma$ kV	$\sigma/m\%$	$m$ kV	$\sigma$ kV	$\sigma/m\%$
1	31,0	0,6	1,9	39,5	1,1	3,3
2	28,8	1,6	5,6	30,7	1,4	4,6
3	28,3	3,0	10,6	29,8	1,9	6
4	31,5	1,1	3,5	33,1	1,7	5,1
5	27,6	1,8	6,5	33,4	0,9	2,7

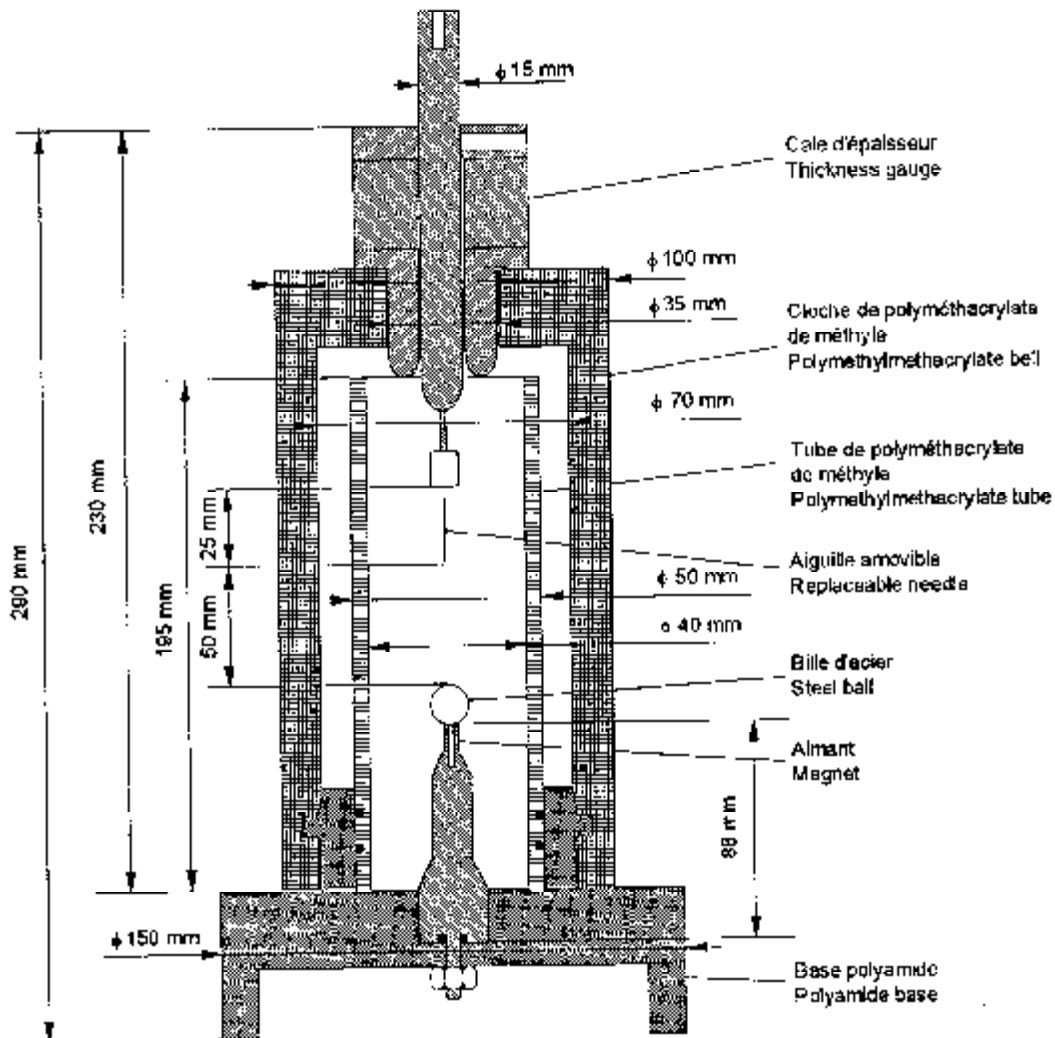


Figure 1 - Cellule d'essai

Test cell

- Page blanche. -

- Blank page. -

## ANNEXE A

## MODE OPÉRATEUR D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DE LA TENSION D'APPARITION DES DÉCHARGES PARTIELLES DES ISOLANTS LIQUIDES

Les isolants liquides en service dans les matériels électriques peuvent avoir à supporter des contraintes très élevées pour éviter l'apparition de décharges partielles aux endroits où le champ est divergent et par conséquent renforcé en amplitude. Cette caractéristique des liquides de prévenir ou de supprimer les décharges partielles est importante dans beaucoup d'applications et de grandes variations entre les performances de liquides de différentes compositions ont été trouvées. Dans ce domaine d'application des liquides et des additifs pour liquides, une méthode normalisée permettant de connaître les caractéristiques d'allumage de décharges partielles est nécessaire pour l'assurance de la qualité, les spécifications, le développement de produits et la surveillance du traitement. Pour beaucoup d'utilisateurs une mesure de TADP est mieux adaptée à l'application du liquide que les essais fréquemment utilisés tels que, par exemple la rigidité diélectrique ou la tension de claquage au choc de foudre. D'une certaine manière l'essai de TADP est plus facile à réaliser que les essais de claquage. La raison en est que l'essai est pratiquement non destructif, ce qui permet d'effectuer un grand nombre de mesures individuelles sur un seul échantillon de liquide donnant un résultat précis sans nettoyage fréquent de la cellule et sans remise en état des électrodes.

L'appareillage de détection des décharges nécessaire pour réaliser l'essai est largement répandu dans les laboratoires d'essais électriques et une latitude très large est laissée dans le choix de l'appareillage. De la même manière la cellule d'essai est basée sur un modèle existant.

La sensibilité de mesure requise de 100 pC n'est pas difficile à obtenir et s'est révélée efficace pour les essais d'un grand nombre de isolants liquides. Aucun avantage n'est obtenu en réalisant les essais avec une sensibilité supérieure à 100 pC.

Les mesures de TADP sont influencées par la configuration du champ et l'essai nécessite l'utilisation d'une électrode aiguille d'un rayon de courbure à la pointe spécifié. Des techniques microscopiques existent pour mesurer le rayon de courbure mais elles nécessitent des appareils de haute précision et en pratique il peut être préférable de se fier à la précision avec laquelle les aiguilles sont fabriquées. Un examen, à l'aide d'un microscope électronique à balayage, d'aiguilles échantillonnées à partir de lots fournis par Ogura Jewel Industry Co. Ltd.; Tokyo, a montré qu'elles sont fabriquées avec une tolérance étroite. Des aiguilles de ce fournisseur ont été utilisées dans l'essai circulaire et dans d'autres essais sans aucune présélection.

A l'inverse de l'essai de tension de claquage à fréquence industrielle (CEI 156), la TADP mesurée en utilisant des électrodes pointe-sphère est relativement indépendante de contaminants tels que l'humidité ou les particules. Ceci s'explique par le fait que les conditions critiques de champ très élevé n'existent que dans un très petit volume de l'échantillon en essai. Dans le mode opératoire un traitement simple du liquide est décrit pour assurer que toute contamination est maintenue dans les limites normales d'utilisation des isolants liquides.

Le mode opératoire de TADP a été appliqué avec succès à un grand nombre de liquides tels que huiles minérales, esters, huiles silicones et liquides halogénés qui donnent des tensions d'apparition des décharges partielles comprises entre 20 kV et 70 kV. L'essai ne s'est pas révélé satisfaisant pour mesurer certains hydrocarbures liquides fortement aromatiques utilisés dans les condensateurs et qui présentent une TADP supérieure à la limite spécifiée de 70 kV.

La fidélité de la méthode d'essai n'a été examinée que pour l'huile minérale. Dans l'essai circulaire deux échantillons d'huile, l'une naphtélique et l'autre paraffinique, ont été essayés dans cinq laboratoires. Pour chaque huile cinq groupes de vingt déterminations ont été utilisés, chaque groupe correspondant à un remplissage différent de la cellule. Les deux huiles ont donné des résultats très similaires ; malgré cela elles sont classées dans le même ordre dans tous les laboratoires. A partir des résultats résumés dans le tableau 1, la répétabilité  $r$  et la reproductibilité  $R$  (voir ISO 5725) ont été calculées :  $r = 5$  kV et  $R = 7$  kV, ce qui, comparé à une valeur moyenne d'environ 30 kV, donne une précision suffisante pour que l'essai soit utile.



## APPENDIX A

TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF THE PARTIAL  
DISCHARGE INCEPTION VOLTAGE OF INSULATING LIQUIDS

Insulating liquids in service in electrical apparatus may be required to withstand very high stress to avoid the inception of partial discharges at points where the field is divergent and therefore enhanced in magnitude. This characteristic of liquids to prevent or suppress partial discharge is important in many applications and wide variation is found between the performances of liquids of different compositions. In this field of application for liquids and liquid additives a standardised method of assessing the partial discharge inception characteristics is required for the purpose of quality assurance, specification, product development and condition monitoring. For many users a PDIV measurement is more relevant to the application of the liquid than the currently available tests for say electric strength or lightning impulse breakdown voltage. In one respect the PDIV test is easier to perform than breakdown voltage tests. This is because the test is virtually non destructive, hence a large number of individual measurements can be made on the single sample of liquid giving a precise result without the need for frequent cleaning of the test cell and refurbishing electrodes.

The discharge detection equipment needed to carry out the test is widely available in electrical test laboratories and considerable latitude is allowed in the choice of apparatus. Likewise, the test cell is based on an existing type.

The required measurement sensitivity of 100 pC is not difficult to achieve and is shown to be effective in tests on a wide range of insulating liquids. No advantage is apparent in tests made at higher sensitivity than 100 pC.

PDIV measurements are influenced by the field configuration and the test requires the use of a needle electrode of specified radius of curvature at the tip. Microscopic techniques are available to measure the radius of curvature but require very high grade equipment and in practice it may be preferable to rely on the precision with which the needles are manufactured. An examination, using a scanning electron microscope, of needles sampled from batches supplied by Ogura Jewel Industry Co. Ltd.; Tokyo, suggests that they are manufactured to a close tolerance. Needles from this source were used in the Round Robin and other tests without any preselection.

Unlike breakdown voltage test at power frequency (IEC 156), the PDIV measured using point-sphere electrodes is relatively independent of such contaminants as moisture and particles. This is because the critical high field conditions are present within only a very small volume of the sample under test. In the test procedure a basic treatment of the liquid is described to ensure that any contamination is held within the normal limits of serviceability of insulating liquids.

The PDIV test procedure has been successfully applied to a wide range of liquids including mineral oils, esters, silicone oils, and halogenated liquids which give partial discharge inception voltages in the range 20 kV to 70 kV. The test has not proved satisfactory for measurements on some highly aromatic hydrocarbon impregnants used in capacitors which have PDIV above the specified limit of 70 kV.

The precision of the test method has been investigated for mineral insulating oils only. In a Round Robin Test two samples of oil, one naphthenic and other paraffinic were tested in five laboratories. For each oil five groups of twenty determinations were used, each group corresponding to a separate filling of the cell. The two oils give very similar results nevertheless they are ranked in the same order in all laboratories. From the results summarised in table 1, the repeatability  $r$  and the reproducibility  $R$  (see ISO Standard 5725) are calculated as  $r = 5$  kV and  $R = 7$  kV which, set against a mean value of approximately 30 kV, provides sufficient precision for a useful test.

**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Etudes n° 10**

156 (1953)	Méthode pour la détermination de la rigidité électrique des huiles isolantes.
247 (1978)	Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique et de la résistivité (en courant continu) des liquides isolants.
296 (1982)	Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion. Modification n° 1 (1986).
376 (1971)	Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf.
376A (1973)	Premier complément: Section treize: Taux d'huile minérale.
376B (1974)	Deuxième complément: Article 26.
422 (1989)	Guide de maintenance et de surveillance des huiles minérales isolantes en service dans les matériels électriques.
465 (1988)	Spécification pour huiles minérales isolantes neuves pour câbles à circulation d'huile.
475 (1974)	Méthode d'échantillonnage des diélectriques liquides.
480 (1974)	Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF <sub>6</sub> ) prélevé sur le matériel électrique.
567 (1992)	Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques montés, pour l'analyse des gaz libérés et dissous.
588 —	Askarels pour transformateurs et condensateurs.
588-1 (1977)	Première partie: Généralités.
588-2 (1978)	Deuxième partie: Méthodes d'essai.
588-3 (1977)	Troisième partie: Spécifications pour askarels neufs.
588-4 (1979)	Quatrième partie: Guide pour la maintenance des askarels dans les transformateurs.
588-5 (1979)	Cinquième partie: Essai éliminatoire pour déterminer la compatibilité des matériaux avec les askarels pour transformateurs.
588-6 (1979)	Sixième partie: Essai éliminatoire pour déterminer les effets des matériaux sur les askarels pour condensateurs.
590 (1977)	Détermination de la teneur en hydrocarbures aromatiques des huiles isolantes minérales neuves.
599 (1978)	Interprétation de l'analyse des gaz dans les transformateurs et autres matériels électriques remplis d'huile, en service.
628 (1985)	Gassing des isolants liquides sous contrainte électrique et ionisation.
666 (1979)	Détection et dosage d'additifs antioxydants spécifiques présents dans les huiles isolantes.
733 (1982)	Dosage de l'eau dans les huiles isolantes, dans les papiers et cartons imprégnés d'huile.
814 (1985)	Dosage de l'eau dans les diélectriques liquides par titration coulométrique de Karl Fischer automatique.
836 (1988)	Spécifications pour liquides silicones pour usages électriques.
867 (1993)	Isolants liquides — Spécifications pour liquides neufs à base d'hydrocarbures aromatiques de synthèse.
897 (1987)	Méthodes de détermination de la tension de claquage au choc de toutes les huiles isolantes.

(Suite)

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 10**

156 (1953)	Method for the determination of the electric strength of insulating oils.
247 (1978)	Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids.
296 (1982)	Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear. Amendment No. 1 (1986).
376 (1971)	Specification and acceptance of new sulphur hexafluoride.
376A (1973)	First supplement: Section Thirteen: Mineral oil content.
376B (1974)	Second supplement: Clause 26.
422 (1989)	Supervision and maintenance guide for mineral insulating oils in electrical equipment.
465 (1988)	Specification for unused insulating mineral oils for cables with oil ducts.
475 (1974)	Method of sampling liquid dielectrics.
480 (1974)	Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF <sub>6</sub> ) taken from electrical equipment.
567 (1992)	Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases.
588 —	Askarels for transformers and capacitors.
588-1 (1977)	Part 1: General.
588-2 (1978)	Part 2: Test methods.
588-3 (1977)	Part 3: Specifications for new askarels.
588-4 (1979)	Part 4: Guide for maintenance of transformer askarels in equipment.
588-5 (1979)	Part 5: Screening test for compatibility of materials and transformer askarels.
588-6 (1979)	Part 6: Screening test for effects of materials on capacitor askarels.
590 (1977)	Determination of the aromatic hydrocarbon content of new mineral insulating oils.
599 (1978)	Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service.
628 (1985)	Gassing of insulating liquids under electrical stress and ionization.
666 (1979)	Detection and determination of specified antioxidant additives in insulating oils.
733 (1982)	Determination of water in insulating oils, and in oil-impregnated paper and pressboard.
814 (1985)	Determination of water in insulating liquids by automatic coulometric Karl Fischer titration.
836 (1988)	Specifications for silicone liquids for electrical purposes.
867 (1993)	Insulating liquids — Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons.
897 (1987)	Methods for the determination of the lightning impulse breakdown voltage of insulating liquids.

(Continued)

**Publications de la CEM préparées  
par le Comité d'Etudes n° 10 (Suite)**

944 (1988)	Guide de maintenance des liquides siliconés pour transformateurs.
962 (1988)	Guide de maintenance et d'emploi des huiles lubrifiantes de pétrole pour turbines à vapeur.
963 (1988)	Spécification pour polybutènes neufs.
970 (1989)	Méthodes de détermination du nombre et de la taille des particules dans les isolants liquides.
978 (1989)	Guide de maintenance et d'emploi des fluides de régulation esters phosphatés de triaryle pour turbine.
997 (1989)	Détermination des polychlorobiphényles (PCBs) dans les huiles minérales isolantes par chromatographie en phase gazeuse (LPC) sur colonnes remplies.
1030 (1990)	Classification générale des isolants liquides.
1065 (1991)	Méthode d'évaluation des propriétés d'écoulement à basse température des huiles minérales isolantes après vieillissement.
1099 (1992)	Spécifications pour esters organiques de synthèse à usages électriques.
1100 (1992)	Classification des isolants liquides selon le point de feu et le pouvoir calorifique inférieur.
1125 (1992)	Isolants liquides neufs à base d'hydrocarbures - Méthodes d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation.
1144 (1992)	Méthode d'essai pour la détermination de l'indice d'oxygène des isolants liquides.
1181 (1993)	Matériaux isolants imprégnés - Application de l'analyse des gaz dissous (DGA) lors d'essais en usine de matériels électriques.
1197 (1993)	Isolants liquides - Propagation linéaire de la flamme - Méthode d'essai utilisant un ruban en fibres de verre.
1198 (1993)	Huiles minérales isolantes - Méthodes pour la détermination du 2-furfural et ses dérivés.
1203 (1992)	Esters organiques de synthèse à usages électriques - Guide de maintenance des esters pour transformateurs dans les usiniers.
1221 (1993)	Produits pétroliers et lubrifiants - Fluides de régulation pour turbines, esters phosphatés de triaryle (catégorie ISO L-TCD) - Spécifications.
1294 (1993)	Isolants liquides - Détermination de la tension d'apparition des décharges partielles (TADP) - Méthode d'essai.

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 10 (Continued)**

944 (1988)	Guide for the maintenance of silicone transformer liquids.
962 (1988)	Maintenance and use guide for petroleum lubricating oils for steam turbines.
963 (1988)	Specification for unused polybutenes.
970 (1989)	Methods for counting and sizing particles in insulating liquids.
978 (1989)	Maintenance and use guide for triaryl phosphate ester turbine control fluids.
997 (1989)	Determination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in mineral insulating oils by packed column gas chromatography (GC).
1030 (1990)	General classification of insulating liquids.
1065 (1991)	Method for evaluating the low temperature flow properties of mineral insulating oils after ageing.
1099 (1992)	Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes.
1100 (1992)	Classification of insulating liquids according to fire-point and net calorific value.
1125 (1992)	Unused hydrocarbon-based insulating liquids - Test methods for evaluating the oxidation stability.
1144 (1992)	Test method for the determination of oxygen index of insulating liquids.
1181 (1993)	Impregnated insulating materials - Application of dissolved gas analysis (DGA) to factory tests on electrical equipment.
1197 (1993)	Insulating liquids - Linear flame propagation Test method using a glass-fibre tape.
1198 (1993)	Mineral insulating oils - Methods for the determination of 2-furfural and related compounds.
1203 (1992)	Synthetic organic esters for electrical purposes - Guide for maintenance of transformer esters in equipment.
1221 (1993)	Petroleum products and lubricants - Triaryl phosphate ester turbine control fluids (category ISO-L-TCD) - Specifications.
1294 (1993)	Insulating liquids - Determination of the partial discharge inception voltage (PDIV) - Test procedure.

Publication 1294

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND