

SPÉCIFICATION  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
SPECIFICATION

CEI  
IEC

TS 61956

Première édition  
First edition  
1999-09

---

---

Méthodes d'essai pour l'évaluation de  
la formation des arborescences d'eau  
dans les matériaux isolants

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Methods of test for the evaluation of  
water treeing in insulating materials

IEC TS 61956:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999>



Numéro de référence  
Reference number  
IEC/TS 61956:1999

## Numéros des publications

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

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Numbering

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

## Consolidated publications

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology, graphical and letter symbols

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

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

\* See web site address on title page.

SPÉCIFICATION  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
SPECIFICATION

CEI  
IEC

TS 61956

Première édition  
First edition  
1999-09

---

---

Méthodes d'essai pour l'évaluation de  
la formation des arborescences d'eau  
dans les matériaux isolants

iTeh STANDARD PREVIEW  
Methods of test for the evaluation of  
water treeing in insulating materials  
(standards.iteh.ai)

[IEC TS 61956:1999](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999>

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland  
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

V

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	8
Articles	
1 Généralités .....	10
1.1 Domaine d'application.....	10
1.2 Références normatives .....	10
1.3 Définitions .....	10
2 Méthode d'essai I (essai sur plaques) .....	12
2.1 Principe .....	12
2.2 Eprouvettes .....	12
2.3 Appareillage d'essai.....	14
2.3.1 Cellule d'essai.....	14
2.3.2 Electrodes.....	14
2.3.3 Liquide d'essai.....	14
2.3.4 Ensemble support d'aiguilles/piston .....	14
2.4 Mode opératoire (essai de vieillissement) .....	16
2.4.1 Mode opératoire sous champ électrique uniforme (variante B) .....	16
2.4.2 Mode opératoire avec concentration de champ électrique (variante A) .....	16
2.5 Examen après vieillissement.....	16
2.5.1 Examen microscopique des arborescences de type nœud papillon (variante B).....	16
2.5.2 Examen microscopique des arborescences ouvertes et nœud papillon (variante A).....	18
2.6 Rapport d'essai.....	18
3 Méthode d'essai II (essai sur coupelle) .....	18
3.1 Objet et principe de l'essai.....	18
3.2 Eprouvette d'essai .....	20
3.2.1 Homogénéisation .....	20
3.2.2 Fabrication.....	22
3.2.3 Montage des éléments préfabriqués.....	22
3.3 Appareillage d'essai.....	24
3.3.1 Installation électrique .....	24
3.3.2 Installation thermique.....	26
3.3.3 Liquide d'essai.....	26
3.3.4 Equipement pour l'essai jusqu'au claquage.....	26
3.4 Mode opératoire (essai de vieillissement) .....	26
3.5 Examen des éprouvettes vieilles et non vieilles.....	28
3.5.1 Essai de claquage.....	28
3.5.2 Examen des arborescences d'eau.....	28
3.6 Rapport d'essai.....	30
Annexe A (informative) Résultats et discussion des essais interlaboratoires .....	32
Figures.....	46 – 58
Bibliographie .....	60

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
INTRODUCTION .....	9
Clause	
1 General.....	11
1.1 Scope .....	11
1.2 Normative references .....	11
1.3 Definitions.....	11
2 Test method I (plaque test).....	13
2.1 Principle.....	13
2.2 Test specimen .....	13
2.3 Test apparatus.....	15
2.3.1 Test cell .....	15
2.3.2 Electrodes.....	15
2.3.3 Test liquid .....	15
2.3.4 Needle holder – plunger assembly.....	15
2.4 Test procedure (ageing test).....	17
2.4.1 Test procedure with uniform field stress (variant B).....	17
2.4.2 Test procedure with stress concentration (variant A).....	17
2.5 Examination after ageing.....	17
2.5.1 Microscopic inspection regarding bow tie trees (variant B) .....	17
2.5.2 Microscopic inspection regarding vented and bow tie trees (variant A) .....	19
2.6 Test report .....	19
3 Test method II (cup test) .....	19
3.1 Object and principle of test.....	19
3.2 Test specimen .....	21
3.2.1 Homogenizing .....	21
3.2.2 Preshaping.....	23
3.2.3 Assembling all preshaped parts .....	23
3.3 Test apparatus.....	25
3.3.1 Electrical set-up .....	25
3.3.2 Thermal test set-up .....	27
3.3.3 Test liquid .....	27
3.3.4 Breakdown voltage test equipment .....	27
3.4 Test procedure (ageing test) .....	27
3.5 Examinations of unaged and aged test specimens.....	29
3.5.1 Breakdown tests.....	29
3.5.2 Water tree examinations.....	29
3.6 Test report .....	31
Annex A (informative) Results and discussion of round robin tests .....	33
Figures.....	47 – 59
Bibliography .....	61

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### MÉTHODES D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE LA FORMATION DES ARBORESCENCES D'EAU DANS LES MATÉRIAUX ISOLANTS

#### AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, 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.

Les spécifications techniques 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.

La CEI 61956 qui est une spécification technique, a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes d'essais, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
15E/106/CDV	15E/123/RVC

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

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## METHODS OF TEST FOR THE EVALUATION OF WATER TREEING IN INSULATING MATERIALS

### FOREWORD

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

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 specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 61956, which is a technical specification, has been prepared by subcommittee 15E: Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

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

Enquiry draft	Report on voting
15E/106/CDV	15E/123/RVC

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

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2005.

A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

## **iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)**

[IEC TS 61956:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999>



Annex A is for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2005.

At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

## **iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)**

[IEC TS 61956:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999>

## INTRODUCTION

Les arborescences d'eau constituent l'une des causes principales de vieillissement prématuré et de défaillance des câbles extrudés moyenne tension ne possédant pas de barrière d'étanchéité à l'eau. Outre les efforts technologiques continus effectués dans ce domaine, nous nous sommes efforcés jusqu'à présent de remédier à de telles défaillances grâce à des composés isolants améliorés, principalement à base de polyéthylène faible densité, réticulé chimiquement (XPLE). De là est né le besoin de méthodes d'essai sur matériaux appropriées, pour réaliser d'une part des essais de présélection significatifs afin d'évaluer la propension des matériaux à générer des arborescences d'eau, et pour réduire, d'autre part, le besoin de mettre en œuvre des essais sur câbles pour la comparaison et la présélection des matériaux.

Cependant, un essai sur matériau ne peut généralement pas simuler toutes les influences des paramètres de fabrication du système d'isolation du câble extrudé. Les essais sur câbles demeurent ainsi nécessaires pour l'évaluation finale des nouvelles compositions isolantes.

Le groupe de travail de la CIGRÉ «Matériaux isolants solides» a examiné les qualités des essais existants sur matériaux [3] à [8]\*, en particulier leur aspect pratique et leur précision. Le groupe d'action «Essais d'arborescences d'eau sur matériaux» a été créé pour évaluer les méthodes d'essai de présélection [6], [7] et [8] basées sur différentes philosophies et pour préparer une proposition destinée à la CEI, servant de base à une méthode d'essai appropriée. Des experts dans le domaine des arborescences d'eau issus de laboratoires industriels et scientifiques du monde entier ont participé à ce travail [1] et [2]. Le rapport final du groupe d'action a été publié dans *Electra* [17]. Un résumé de ce rapport est fourni à l'annexe A.

Bien que trois variantes de l'essai aient été évaluées, améliorées et partiellement combinées, elles ne sont pas encore prêtes pour être publiées en tant que Norme internationale. Elles sont présentées dans la présente spécification technique pour les laboratoires qui souhaitent se forger une expérience dans ce domaine.

Dans la méthode I, on soumet des éprouvettes sous forme de plaques de fabrication aisée à une contrainte diélectrique alternative divergente (variante A) ou uniforme (variante B), tout en les immergeant dans un milieu humide. Une cellule d'essai nouvellement développée permet d'évaluer aussi bien les arborescences d'eau ouvertes (vt) générées en vis-à-vis d'empreintes (A) que celles de type nœud papillon (btt) observées au niveau des défauts internes de l'éprouvette (B) ou encore les deux simultanément.

Dans la méthode II, on fait vieillir dans un environnement humide et sous une contrainte électrique alternative uniforme des éprouvettes en forme de coupelle, constituées d'un matériau isolant pris en sandwich entre deux couches de matériau écran semiconducteur. Au-delà de l'examen microscopique des arborescences d'eau (vt et btt), cette méthode permet d'effectuer une évaluation par essai de rigidité diélectrique.

Ces deux méthodes sont complémentaires car elles permettent la comparaison de la tendance à générer des arborescences d'eau, qu'il s'agisse de l'isolation seule ou de la combinaison isolation/écran. Les résultats des essais interlaboratoires effectués selon ces méthodes par le groupe d'action de la CIGRÉ sont indiqués à l'annexe A.

---

\* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

## INTRODUCTION

Water treeing is one of the major causes of premature ageing and failure of extruded medium voltage cables which do not have water-impervious barriers. Besides technological efforts, it has been a challenge up to now to overcome such failures by improved insulating compounds, mainly on the basis of chemically crosslinked low density polyethylene (XLPE). Consequently, a need for suitable material test methods has arisen; primarily for a meaningful screening test to evaluate the water tree propensity of such materials, and thus reduce the need of cable testing to compare and preselect materials.

On the other hand, a material test generally cannot simulate all the influences of the manufacturing parameters on the extruded cable insulation system. Therefore, cable tests will still remain necessary for the final assessment of new insulating compounds.

The CIGRE Working Group "Solid insulating materials" considered the merits of existing material tests [3] to [8]\* concerning their practicability and reliability. The Task Force on "Water tree testing of materials" was set up to evaluate pre-selected test methods [6], [7], [8] based on different philosophies and to prepare a proposal to the IEC as a basis for a test method. Experts in the field of water treeing, coming from industrial and scientific laboratories worldwide, participated in this work [1], [2]. A final report of the Task Group is published in *Electra* [17]. A summary of this report is given in annex A.

Although the evaluated three test variants, which were improved and partly combined, are not yet ready for international standardization, they are made available by this technical specification to enable interested laboratories to gain experience with them.

Method I subjects easily producible plaque type test specimens to a divergent (variant A) or a uniform (variant B) a.c. electric stress while immersed in a wet environment. A newly developed test cell allows to evaluate either vented water trees (vt) in front of indentations (A) or bow tie water trees (btt) at imperfections (B) within the test specimen, or both types simultaneously.

Method II ages cup-shaped test specimens, made of insulating material sandwiched between two layers of semiconducting screen material, under uniform a.c. electric stress while exposed to a wet environment. In addition to microscopic inspection of water trees (vt and btt), this method enables an evaluation by electrical breakdown tests.

The two methods are mutually complementary as they permit the relative assessment of water treeing propensity to be determined for either the insulation alone or for the insulation/screen combination. In annex A, results of round robin tests achieved with these methods by the CIGRE Task Force are reported.

---

\* Figures in square brackets refer to the bibliography.

# MÉTHODES D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE LA FORMATION DES ARBORESCENCES D'EAU DANS LES MATÉRIAUX ISOLANTS

## 1 Généralités

### 1.1 Domaine d'application

La présente spécification technique décrit des méthodes d'essai permettant l'évaluation des compositions à base de polyéthylène (PE) et de polyéthylène réticulé (PRC) par rapport aux arborescences d'eau afin d'estimer leurs performances sous contrainte électrique alternative en présence d'eau. Deux méthodes sont décrites: la méthode I, permettant l'évaluation des matériaux isolants seuls, et la méthode II, celle de «sandwiches» comportant un matériau isolant en contact intime avec des écrans semiconducteurs.

### 1.2 Références normatives

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

CEI 60243-1:1998, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles* [IEC TS 61956:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdee29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999)

CEI 61072:1991, *Méthodes d'essais pour évaluer la résistance des matériaux isolants à la formation d'arborescences électriques*

### 1.3 Définitions

La formation des arborescences d'eau résulte d'un processus de dégradation [11], observé notamment dans le polyéthylène basse densité (PEBD) et le PRC sous contrainte alternative et dans des conditions humides, qui entraîne la formation de zones diélectriquement affaiblies que constituent les arborescences d'eau.

Les arborescences d'eau sont caractérisées par leur forme ressemblant à un arbre avec des dendrites hydrophiles (spécifiquement, elles apparaissent initialement sous forme de chaînes de cavités remplies d'eau qui constituent ultérieurement un ensemble de canaux microscopiques aux surfaces hydrophiles). Elles se développent typiquement en fonctionnement électrique sous conditions humides et peuvent atteindre des longueurs de l'ordre du millimètre après plusieurs années. On peut distinguer deux types d'arborescences d'eau:

- a) Une arborescence de type nœud papillon, comparable dans sa forme à un nœud papillon, est constituée de branches droites rayonnant dans des directions opposées à partir d'un point central. Les arborescences de type nœud papillon, contenues dans la masse de l'isolation, sont généralement orientées dans la direction du champ électrique.
- b) Une arborescence ouverte ressemble dans sa forme à un arbre dont le tronc atteint la surface de l'isolation ou de l'interface isolation/écran. Les branches sont généralement orientées dans la direction du champ électrique depuis la surface de l'isolation ou de l'interface.

## METHODS OF TEST FOR THE EVALUATION OF WATER TREEING IN INSULATING MATERIALS

### 1 General

#### 1.1 Scope

This technical specification describes methods of test for the evaluation of water treeing in polyethylene (PE) and crosslinked polyethylene (XLPE) compounds, as a means to assess their relative performance under alternating (a.c.) electric stress, in the presence of water. Two methods are described, method I covering the evaluation of insulating materials alone, and method II covering the evaluation of insulating sandwiches consisting of an insulating material in intimate contact with semiconducting screens.

#### 1.2 Normative references

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

IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

[IEC TS 61956:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdce29de-6ce3-43f9-abe9-d60c84759d1e/iec-ts-61956-1999)

IEC 61072:1991, *Methods of test for evaluating the resistance of insulating materials against the initiation of electrical trees*

#### 1.3 Definitions

Water treeing is a degradation process [11] as observed in low density polyethylene (LDPE) and XLPE under a.c. stress and moist conditions, which results in the formation of dielectrically weakened areas of so-called water trees.

Water trees are hydrophilic dendritic, tree-like features (specifically, they appear initially to be chains of water-filled cavities which later become bushes of microscopic channels with hydrophilic surfaces), which grow typically under wet and electrical operating conditions and may reach lengths of the order of 1 mm within several years. Two different types of water trees can be distinguished:

- a) Bow tie tree resembles a bow tie and consists of divergent straight branches radiating in opposite directions from a central point. The bow tie trees, contained within the bulk of the insulation, are generally lined up in the direction of the electric field.
- b) Vented tree resembles a tree whose trunk is vented to the surface of the insulation or the insulation/screen interface. The branches are generally oriented in the direction of the electric field, away from the insulation surface or the interface.

## 2 Méthode d'essai I (essai sur plaques)

### 2.1 Principe

Les essais sur plaques (variante A et variante B) ont pour but d'évaluer le développement d'arborescences d'eau dans les matériaux isolants à base de polyéthylène basse densité (PEBD) et de polyéthylène réticulé (PRC).

Les deux variantes d'essai utilisent des éprouvettes en forme de plaque et la même cellule d'essai. Les deux essais sont des essais de présélection destinés à différencier et à sélectionner les isolants par rapport à la formation des arborescences d'eau.

L'essai avec concentration des contraintes (variante A) est principalement destiné à évaluer le développement des arborescences ouvertes à partir de l'extrémité de protrusions de l'écran ou de pénétrations dans l'isolant à l'interface isolant/écran, simulées par des empreintes en forme d'aiguilles remplies d'eau. Une plaque avec un certain nombre d'empreintes identiques est soumise, dans une cellule d'essai selon 2.3.1, à un champ électrique en présence d'eau provoquant une concentration de champ électrique en ces points.

Par le biais de cet essai, la formation des arborescences de type nœud papillon peut également être évaluée dans la masse même de l'éprouvette, en se plaçant loin des zones de concentration de champ électrique.

L'essai sous champ électrique uniforme (variante B) est destiné à évaluer le développement des arborescences de type nœud papillon lorsqu'une plaque est mise en présence d'eau et simultanément soumise à un champ électrique uniforme dans une cellule d'essai telle que celle décrite en 2.3.1.

### 2.2 Eprouvettes

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fdce29de-6ce3-43f9-abe9-dd0cf84939df/iec-ts-61956-1999>

Les éprouvettes sous forme de lamelles circulaires de  $(35 \pm 1)$  mm de diamètre peuvent être obtenues par découpe à l'aide d'un emporte-pièce, à partir d'une plaque de l'une des épaisseurs suivantes:  $(4,0 \pm 0,1)$  mm,  $(3,0 \pm 0,1)$  mm,  $(2,0 \pm 0,1)$  mm. Il convient que la comparaison entre matériaux ne soit réalisée qu'à partir d'éprouvettes d'épaisseur identique.

Pour les essais concernant les arborescences ouvertes, les plaques peuvent être fabriquées par moulage de granulés à la presse. Pour les essais concernant les arborescences de type nœud papillon, il est recommandé d'homogénéiser la composition par extrusion, de façon à éviter la concentration d'additifs ou d'impuretés à la surface des granulés. Dans tous les cas de figure, il convient de prendre d'extrêmes précautions pour éviter la contamination des matériaux et, par voie de conséquence, celle des plaques et des lamelles.

Dans le cas de compositions à base de PRC (utilisant du peroxyde de dicumyle) les plaques sont préformées à la presse à environ 130 °C. Elles sont chauffées jusqu'à 180 °C, maintenues pendant 30 min à cette température et refroidies à 70 °C, l'ensemble du cycle étant réalisé sous pression. Les plaques sorties de la presse sont dégazées durant 72 h à  $(90 \pm 2)$  °C pour l'élimination des résidus volatiles.

Dans le cas de matériaux à base de PEBD (sans agent de réticulation), les plaques sont aussi préformées à environ 130 °C dans la presse, puis chauffées jusqu'à environ 200 °C et refroidies, toujours sous pression, jusqu'à environ 70 °C.

L'expérience a montré que lorsque l'on moule des plaques avec des compositions à base de PE ou de PRC, une pression exercée d'au moins 5 N/mm<sup>2</sup> conduit à des résultats satisfaisants.

## 2 Test method I (plaque test)

### 2.1 Principle

The plaque tests (variant A and variant B) are intended to assess the development of water trees in low density polyethylene (LDPE) and crosslinked polyethylene (XLPE) based insulating materials.

Both test variants make use of plaque-shaped test specimens and of the same test cell. Both tests are screening tests to differentiate and to preselect insulating compounds with regard to water treeing.

The test with stress concentrations (variant A) is primarily intended to assess the development of vented trees from the tips of protrusions of the screen or intrusions in the insulation at the insulation/screen interface, simulated by needle-shaped and water-filled indentations. A plaque with a number of identical indentations is exposed simultaneously to water and to an electric field, producing electric field stress concentration at those points, within a test cell according to 2.3.1.

By means of this test, bow tie treeing can be additionally assessed within the bulk of the test specimen, away from the stress concentration areas.

The test with uniform field stress (variant B) is intended to assess the development of bow tie trees, when a plaque is exposed simultaneously to water and to a uniform electric field within a test cell described in 2.3.1.

### 2.2 Test specimen

Test specimens in the form of disc-shaped slabs with a diameter of  $(35 \pm 1)$  mm can be achieved by punching them out from plaques of one of the following thicknesses:  $(4,0 \pm 0,1)$  mm;  $(3,0 \pm 0,1)$  mm;  $(2,0 \pm 0,1)$  mm. Comparison between materials should be made at equal thicknesses only.

For vented tree testing, plaques may be manufactured from pellets by pressmolding. For bow tie tree testing, it is recommended to homogenize the compound by extrusion in order to avoid concentration of additives and impurities on the surface of the pellets. In every case extreme care should be taken to prevent contamination of the materials as well as of the resulting plaques and slabs.

In the case of XLPE based compounds (using dicumyl-peroxide) the plaques are preformed within the press frame at circa 130 °C. They are heated up to 180 °C, maintained for 30 min and cooled down, all under pressure, to circa 70 °C. The plaques taken out of the frame are annealed for 72 h at  $(90 \pm 2)$  °C to evaporate the volatile by-products.

In the case of LDPE based materials (without crosslinking agent) the plaques are also preformed at circa 130 °C within the press frame, heated up to circa 200 °C and then cooled down, both under pressure, to circa 70 °C.

Experience shows that when making plaques from XLPE or PE based compounds, a press force of at least 5 N/mm<sup>2</sup> of plaque gives satisfactory results.