



IEC 63177

Edition 1.0 2024-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Test methods for compatibility of construction materials with electrical insulating liquids

Méthodes d'essai pour évaluer la compatibilité des matériaux de construction avec les isolants électriques liquides

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.040.01, 29.080.99

ISBN 978-2-8322-8719-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 General information	10
5 Sampling and preparation.....	10
5.1 Test specimens – Solid materials.....	10
5.2 Pre-treatment.....	11
5.3 Test liquids	11
5.3.1 General	11
5.3.2 Liquids applied in transformers and tap-changers	12
5.3.3 Liquids applied in capacitors.....	12
5.3.4 Liquids applied in liquid-cooled rotating machines	12
6 Procedure.....	13
6.1 General.....	13
6.2 Conditioning procedure for liquid-immersed transformers and tap-changers.....	13
6.3 Conditioning procedure for liquid-impregnated capacitors	13
6.4 Conditioning procedure for liquid-cooled rotating machines.....	13
6.5 Test procedure.....	14
7 Report	16
Annex A (informative) Example for a compatibility testing of a NBR O-ring under mineral oil for transformer application	17
A.1 General.....	17
A.2 Test items and standards	17
Bibliography.....	18
Table 1 – Limit values of water content and breakdown voltage for transformer insulating liquids after pre-conditioning	12
Table 2 – Required properties of insulating liquids for transformers and tap-changers	14
Table 3 – Required properties of capacitor fluids	14
Table 4 – Required properties of e-transmission fluids for rotating machines	15
Table 5 – Examples for test of impregnating resins, multi-component materials	15
Table 6 – Examples for test of enamelled wire	15
Table 7 – Examples for test of gasket materials	15
Table A.1 – Tests of a NBR O-ring under delivery conditions	17
Table A.2 – Tests on the O-ring after storage mineral oil	17
Table A.3 – Tests on the mineral oil after storage with the O-ring	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR COMPATIBILITY OF CONSTRUCTION
MATERIALS WITH ELECTRICAL INSULATING LIQUIDS**
FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63177 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
112/630/FDIS	112/640/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

The objective of the document is to clarify the evaluation methodology for the compatibility between construction materials and electrical insulating liquids. It provides recommendations for manufacturers of liquid-immersed transformers and tap-changers, liquid-impregnated capacitors, and liquid-cooled rotating machines used in electrical vehicles and oil pumps. The recommendations focus on screening appropriate construction materials ensuring compatibility between solid and liquid materials for use with different liquids under varying operating conditions. Additionally, the document contains tests that should be carried out on liquids and construction materials. These tests occur after a conditioning procedure at the desired temperature and for reference samples.

In the past, limited construction materials and liquids based on mineral oil served the industry needs. Since the industry needs have been advanced with new applications and driven by higher flash points and improved reliability of performance for liquid-filled electrical equipment, it is necessary to be able to evaluate high temperature electrical insulation systems, using silicone oils, synthetic esters, natural esters, and other potential suitable insulating liquids.

At the same time, liquid-cooled rotating machines used in electrical vehicles and oil pumps also increase the possibility for construction materials to be exposed to different liquids, driven by better thermal conductive performance. To avoid mechanical, electrical, and sealing failure for construction materials, such as gasket materials, impregnating resins, prefabricates, etc., the test methods described in this document can be applied for different liquid-immersed electrical equipment, including liquid-immersed transformers and tap-changers, liquid-impregnated capacitors and liquid-cooled rotating machines used in electrical vehicles and oil pumps.

The evaluation process specified in this document focuses on the chemical compatibility between construction materials and liquids, but does not provide a long-term thermal or aging evaluation. In addition, threshold values for functional parameters of each material are not specified, as they depend on the requirements of the specific application.

Clause 1 to Clause 5 contain definitions and describe the preparation of suitable solid and liquid test samples.

Clause 6 describes the test procedure (e.g. temperatures, test duration and cycles) and lists the characteristic parameters to be evaluated. This allows an estimate of the basic compatibility of typical construction materials with insulating liquids.

An application example is given in Annex A.

TEST METHODS FOR COMPATIBILITY OF CONSTRUCTION MATERIALS WITH ELECTRICAL INSULATING LIQUIDS

1 Scope

This document specifies the test method for the compatibility of construction materials with electrical insulating liquids for use in electrical equipment, such as liquid-immersed transformers and tap-changers, liquid-impregnated capacitors, and liquid-cooled rotating machines used in electrical vehicles and oil pumps. This document is applicable to mineral insulating liquids, natural esters, silicone insulating liquids, synthetic organic esters, modified esters, capacitor fluids based on synthetic aromatic hydrocarbons and e-transmission fluids used in electrical vehicles and oil pumps. The compatibility tests are not sufficient for a full qualification of construction materials for a given application without additional tests requested by the appropriate IEC Technical Committee or equipment manufacturers.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60156, *Insulating liquids – Determination of the breakdown voltage at power frequency – Test method*

IEC 60247, *Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and d.c. resistivity*

IEC 60296:2020, *Fluids for electrotechnical applications – Mineral insulating oils for electrical equipment*

IEC 60422, *Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance*

IEC 60814, *Insulating liquids – Oil-impregnated paper and pressboard – Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration*

IEC 60836:2015, *Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes*

IEC 60851-4:2016, *Winding wires – Test methods – Part 4: Chemical properties*

IEC 60867, *Insulating liquids – Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons*

IEC 61099, *Insulating liquids – Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes*

IEC 62021-3:2014, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 3: Test methods for non-mineral insulating oils*

IEC 62770:2013, *Fluids for electrotechnical applications – Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment*

IEC 62961, *Insulating liquids – Test methods for the determination of interfacial tension of insulating liquids – Determination with the ring method*

IEC 63012:2019, *Insulating liquids – Unused modified or blended esters for electrotechnical applications*

ISO 2049, *Petroleum products – Determination of colour (ASTM scale)*

ASTM D1524, *Standard Test Method for Visual Examination of Used Electrical Insulating Liquids in the Field*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	25
4 Informations générales	28
5 Échantillonnage et préparation	28
5.1 Éprouvettes – Matériaux solides	28
5.2 Prétraitement	30
5.3 Liquides d'essai	30
5.3.1 Généralités	30
5.3.2 Liquides utilisés dans des transformateurs et des changeurs de prises.....	30
5.3.3 Liquides utilisés dans des condensateurs	31
5.3.4 Liquides utilisés dans des machines tournantes refroidies par un liquide	31
6 Procédure.....	31
6.1 Généralités	31
6.2 Procédure de conditionnement des transformateurs et des changeurs de prises immergés dans du liquide	32
6.3 Procédure de conditionnement des condensateurs imprégnés de liquide	32
6.4 Procédure de conditionnement des machines tournantes refroidies par un liquide.....	32
6.5 Procédure d'essai	33
7 Rapport	35
Annexe A (informative) Exemple d'essai de compatibilité d'un joint torique NBR avec l'huile minérale pour une utilisation dans des transformateurs.....	36
A.1 Généralités	36
A.2 Essais et normes	36
Bibliographie.....	37
Tableau 1 – Valeurs limites de teneur en eau et de tension de claquage des isolants liquides pour transformateurs après le préconditionnement.....	31
Tableau 2 – Propriétés exigées des isolants liquides pour transformateurs et changeurs de prises.....	33
Tableau 3 – Propriétés exigées des fluides pour condensateurs	33
Tableau 4 – Propriétés exigées des liquides de transmission électronique pour machines tournantes.....	34
Tableau 5 – Exemples d'essais pour les résines d'imprégnation et les matériaux à plusieurs composants	34
Tableau 6 – Exemples d'essais pour les fils émaillés	34
Tableau 7 – Exemples d'essais pour les matériaux d'étanchéité	34
Tableau A.1 – Essais d'un joint torique NBR dans les conditions de livraison.....	36
Tableau A.2 – Essais sur le joint torique après stockage avec l'huile minérale	36
Tableau A.3 – Essais sur l'huile minérale après stockage avec le joint torique	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI POUR ÉVALUER LA COMPATIBILITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION AVEC LES ISOLANTS ÉLECTRIQUES LIQUIDES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 63177 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Évaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
112/630/FDIS	112/640/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

L'objectif du document est de clarifier la méthodologie utilisée pour évaluer la compatibilité entre les matériaux de construction et les isolants électriques liquides. Elle fournit des recommandations aux fabricants de transformateurs et de changeurs de prises immergés dans du liquide, de condensateurs imprégnés de liquide et de machines tournantes refroidies par un liquide utilisées dans les véhicules électriques et des pompes à huile. Les recommandations se concentrent sur le déverminage des matériaux de construction appropriés afin d'assurer la compatibilité entre les matériaux solides et liquides destinés à être utilisés avec différents liquides dans différentes conditions de fonctionnement. En outre, le document contient des essais qu'il convient d'effectuer sur les liquides et les matériaux de construction. Les essais ont lieu après une procédure de conditionnement à la température souhaitée et pour des échantillons de référence.

Dans le passé, un nombre limité de matériaux de construction et de liquides à base d'huile minérale répondaient aux besoins de l'industrie. Avec le développement de nouvelles applications, l'élévation des points d'éclair et la fiabilité renforcée des performances des matériels électriques remplis de liquide, les besoins de l'industrie ont évolué. C'est pourquoi il est devenu nécessaire de pouvoir évaluer les systèmes d'isolation électrique à haute température avec les huiles de silicone, les esters de synthèse, les esters naturels, et d'autres isolants liquides appropriés potentiels.

Parallèlement, les machines tournantes refroidies par un liquide utilisées dans les véhicules électriques et les pompes à huile augmentent également la possibilité que les matériaux de construction soient exposés à différents liquides, en raison de leurs meilleures performances conductrices thermiques. Pour éviter des défaillances mécaniques, électriques et d'étanchéité au niveau des matériaux de construction, à savoir matériaux d'étanchéité, résines d'imprégnation, matériaux préfabriqués, etc., les méthodes d'essai décrites dans le présent document peuvent être appliquées avec différents matériels électriques immergés dans du liquide, notamment les transformateurs et les changeurs de prises immergés dans du liquide, les condensateurs imprégnés de liquide, ainsi que les machines tournantes refroidies par un liquide utilisées dans les véhicules électriques et les pompes à huile.

Le processus d'évaluation spécifié dans le présent document repose sur la compatibilité chimique entre les matériaux de construction et les liquides, mais ne fournit pas d'évaluation thermique ni d'évaluation du vieillissement à long terme. En outre, les valeurs seuil des paramètres fonctionnels de chaque matériau ne sont pas spécifiées, car celles-ci dépendent des exigences spécifiques à l'application considérée.

Les Articles 1 à 5 contiennent des définitions et décrivent la préparation des échantillons d'essai solides et liquides appropriés.

L'Article 6 décrit la procédure d'essai (températures, durée de l'essai et cycles d'essai, par exemple) et énumère les paramètres caractéristiques à évaluer. Cela permet d'estimer la compatibilité élémentaire des matériaux de construction courants avec les isolants liquides.

Un exemple d'application est fourni à l'Annexe A.

MÉTHODES D'ESSAI POUR ÉVALUER LA COMPATIBILITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION AVEC LES ISOLANTS ÉLECTRIQUES LIQUIDES

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie la méthode d'essai pour évaluer la compatibilité des matériaux de construction avec les isolants électriques liquides destinés à être utilisés dans des matériels électriques, notamment les transformateurs et les changeurs de prises immergés dans du liquide, les condensateurs imprégnés de liquide, ainsi que les machines tournantes refroidies par un liquide utilisées dans les véhicules électriques et les pompes à huile. Le présent document s'applique aux liquides minéraux isolants, aux esters naturels, aux liquides isolants silicones, aux esters organiques de synthèse, aux esters modifiés, aux fluides pour condensateurs à base d'hydrocarbures aromatiques de synthèse, ainsi qu'aux fluides de transmission électronique utilisés dans les véhicules électriques et les pompes à huile. Les essais de compatibilité ne sont pas suffisants pour effectuer une qualification complète des matériaux de construction destinés à une application spécifique, sans effectuer les essais supplémentaires demandés par le comité d'études de l'IEC compétent ou par les fabricants d'équipements concernés.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60156, *Isolants liquides – Détermination de la tension de claquage à fréquence industrielle – Méthode d'essai*

IEC 60247, *Liquides isolants – Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la résistivité en courant continu*

IEC 60296:2020, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes pour matériel électrique*

IEC 60422, *Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques – Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance*

IEC 60814, *Isolants liquides – Cartons et papiers imprégnés d'huile – Détermination de la teneur en eau par titrage coulométrique de Karl Fischer automatique*

IEC 60836:2015, *Spécifications pour liquides isolants silicones neufs pour usages électrotechniques*

IEC 60851-4:2016, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 4: Propriétés chimiques*

IEC 60867, *Isolants liquides – Spécifications pour les liquides neufs à base d'hydrocarbures aromatiques de synthèse*

IEC 61099, *Liquides isolants – Spécifications relatives aux esters organiques de synthèse neufs destinés aux matériels électriques*

IEC 62021-3:2014, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 3: Méthodes d'essai pour les huiles non minérales isolantes*

IEC 62770:2013, *Fluides pour applications électrotechniques – Esters naturels neufs pour transformateurs et matériels électriques analogues*

IEC 62961, *Isolants liquides – Méthodes d'essai pour la détermination de la tension interfaciale des isolants liquides – Détermination par la méthode à l'anneau*

IEC 63012:2019, *Isolants liquides – Esters neufs modifiés ou mélangés pour applications électrotechniques*

ISO 2049, *Produits pétroliers – Détermination de la couleur (échelle ASTM)*

ASTM D1524, *Standard Test Method for Visual Examination of Used Electrical Insulating Liquids in the Field* (disponible en anglais seulement)