

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Insulating liquids – Unused modified or blended esters for electrotechnical applications

Isolants liquides – Esters neufs modifiés ou mélangés pour applications électrotechniques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.040.10

ISBN 978-2-8322-6894-0

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	4
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	9
4 Classification	10
4.1 General	10
4.2 Fire performance classification	10
4.3 Viscosity classification	10
5 Properties, significance and test methods	10
5.1 Physical properties	10
5.1.1 Appearance	10
5.1.2 Colour	11
5.1.3 Viscosity	11
5.1.4 Lubricity	11
5.1.5 Thermal conductivity	11
5.1.6 Thermal expansion coefficient	11
5.1.7 Specific heat capacity	11
5.1.8 Pour point	11
5.1.9 Water content	12
5.1.10 Water saturation	12
5.1.11 Density	12
5.1.12 Interfacial tension	12
5.2 Electrical properties	12
5.2.1 AC breakdown voltage	12
5.2.2 Lightning impulse breakdown voltage	12
5.2.3 Partial discharge inception voltage (PDIV)	13
5.2.4 Dielectric dissipation factor (DDF)	13
5.2.5 Relative permittivity (dielectric constant)	13
5.2.6 DC resistivity	13
5.2.7 Electrostatic charging tendency (ECT)	13
5.3 Chemical properties	13
5.3.1 Acidity	13
5.3.2 Additive content	13
5.3.3 Corrosive and potentially corrosive sulphur compounds	13
5.3.4 Methanol content	14
5.4 Properties related to long term performance	14
5.4.1 Oxidation stability	14
5.4.2 Operating temperature	14
5.4.3 Material compatibility	15
5.4.4 Stray gassing	15
5.4.5 Gassing tendency	15
5.5 Health, safety and environmental properties	15
5.5.1 General	15
5.5.2 Polychlorinated biphenyls (PCBs)	15
5.5.3 Environmental toxicity	15

5.5.4	Flash point and fire point	15
5.5.5	Sustainability	16
5.5.6	Biodegradation	16
5.5.7	Disposal	16
6	Minimum performance requirements	16
7	Identification and general delivery requirements	16
Annex A (informative)	Miscibility and compatibility of liquids and retrofilling of transformers	19
Bibliography		20
Table 1	– Required performance characteristics of modified or blended esters	17
Table 2	– Optional performance characteristics of modified or blended esters	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATING LIQUIDS – UNUSED MODIFIED OR BLENDED ESTERS
FOR ELECTROTECHNICAL APPLICATIONS**

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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 63012 has been prepared by IEC Technical Committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

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

FDIS	Report on voting
10/1078/FDIS	10/1082/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

Electrical insulation and heat transfer are essential functions of insulating liquids for electrotechnical applications. Until recently, these liquids have been normally homogeneous, selected from different categories, such as most common mineral oils or newer synthetic esters, natural esters or silicone liquids. The continuous research for improvement of performance characteristics of equipment drives an interest in exploring benefits from combinations of liquids. Some known examples of desired improved characteristics include optimized liquid cost, increased cooling performance, improved flash point, extended insulation life or reduced environmental impacts.

Currently, international standards exist for specifically defined liquid categories (mineral oils, synthetic esters, natural esters, silicone liquids). None of them cover chemically modified natural ester liquids or blends of various esters. Moreover, the existing standards do not cover synthetic esters whose characteristics may go beyond the limits defined in IEC 61099.

Some modified esters or their blends are already available as commercial products by liquid suppliers. Examples are:

- Palm fatty acid ester with low viscosity of 5 mm²/s at 40 °C and with flash point of 176 °C.
- Blend of triglycerides (50 %) and monoesters (50 %) with low viscosity of 17 mm²/s at 40 °C and with flash point of 200 °C.

The number of sources for ester liquids or their blends is expected to grow over the coming years. Such liquids need to be characterized to confirm suitability for the intended application by the user. Performance characteristics of blends should not be solely assumed from performance characteristics of their individual components. This document is to provide minimum requirements on characterization of new compositions.

WARNING

This document sets performance criteria for unused modified/synthesized or blended esters earmarked for electrical applications. This document does not purport to address all the safety problems associated with their use. It is the responsibility of the user of this document to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitation prior to use.

Performance of some of the tests mentioned in this document could lead to a hazardous situation. Attention is drawn to the relevant standard test method for guidance.

The disposal of liquids, chemicals and sample containers mentioned in this document should be carried out in accordance with current local and national legislation with regards to the impact on the environment. Every precaution should be taken to prevent the release of the liquid into the environment.

INSULATING LIQUIDS – UNUSED MODIFIED OR BLENDED ESTERS FOR ELECTROTECHNICAL APPLICATIONS

1 Scope

This document defines requirements for the characterization of unused modified esters or blends of unused esters used as insulating liquids for electrotechnical applications. It does not cover liquids that contain any proportion of used liquids.

The liquids covered by this document are intended mainly for transformer applications.

Unused modified/synthesized esters are derived from a natural or synthetic base, or are blends of both. This document covers a variety of ester liquids not covered by other standards specific to natural esters (IEC 62770) or synthetic esters (IEC 61099).

As it addresses various categories of liquids, this document also covers a wide range of values for certain performance characteristics. An important property is viscosity, which can affect the design and cooling performance of electrical equipment. A categorization is defined based on the kinematic viscosity of the different liquids. The category of low viscosity ester liquids is established.

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 60666, *Detection and determination of specified additives in mineral insulating oils*

IEC 60628, *Gassing of insulating liquids under electrical stress and ionization*

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

IEC 60897, *Methods for the determination of the lightning impulse breakdown voltage of insulating liquids*

IEC 61099:2010, *Insulating liquids – Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes*

IEC 61125, *Insulating liquids – Test methods for oxidation stability – Test method for evaluating the oxidation stability of insulating liquids in the delivered state*

IEC TR 61294, *Insulating liquids – Determination of the partial discharge inception voltage (PDIV) – Test procedure*

IEC 61619, *Insulating liquids – Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) – Method of determination by capillary column gas chromatography*

IEC 61620, *Insulating liquids – Determination of the dielectric dissipation factor by measurement of the conductance and capacitance – Test method*

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

IEC 62535, *Insulating liquids – Test method for detection of potentially corrosive sulphur in used and unused insulating oil*

IEC 62697-1, *Test method for quantitative determination of corrosive sulfur compounds in unused and used insulating liquids – Part 1: Test method for quantitative determination of dibenzyl disulfide (DBDS)*

IEC 62770, *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*

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

ISO 2211, *Liquid chemical products – Measurement of colour in Hazen units (platinum-cobalt scale)*

ISO 2592, *Petroleum and related products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method*

ISO 2719, *Determination of flash point – Pensky-Martens closed cup method*

ISO 3016, *Petroleum products – Determination of pour point*

ISO 3104, *Petroleum products – Transparent and opaque liquids – Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity*

ISO 3675, *Crude petroleum and liquid petroleum products – Laboratory determination of density – Hydrometer method*

ISO 12185, *Crude petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method*

EN 14210, *Surface active agents – Determination of interfacial tension of solutions of surface active agents by the stirrup or ring method*

ASTM D1275, *Standard test method for corrosive sulphur in electrical insulating liquids*

ASTM D1903, *Standard practice for determining the coefficient of thermal expansion of electrical insulating liquids of petroleum origin, and askarels*

ASTM D3300, *Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating oils of petroleum origin under impulse conditions*

ASTM D4172, *Standard test method for wear preventive characteristics of lubricating fluid (four-ball method)*

ASTM D7150, *Standard test method for the determination of gassing characteristics of insulating liquids under thermal stress*

ASTM D7896, *Standard test method for thermal conductivity, thermal diffusivity and volumetric heat capacity of engine coolants and related fluids by transient hot wire liquid thermal conductivity method*

ASTM E1269, *Standard test method for determining specific heat capacity by differential scanning calorimetry*

DIN 51350-1, *Testing of lubricants – Testing in the four-ball tester – Part 1: General working principles*

DIN 51350-2, *Testing of lubricants – Testing in the four-ball tester – Part 2: Determination of welding load of liquid lubricants*

DIN 51350-3, *Testing of lubricants – Testing in the four-ball tester – Part 3: Determination of wearing characteristics of liquid lubricants*

OECD 301-B, *OECD Guidelines for the testing of chemicals – Section 3: Environmental fate and behaviour – 301 Ready biodegradability – 301 B: CO₂ Evolution test*

OECD 301-C, *OECD Guidelines for the testing of chemicals – Section 3: Environmental fate and behaviour – 301 Ready biodegradability – 301 C: Modified MITI test*

OECD 301-F, *OECD Guidelines for the testing of chemicals – Section 3: Environmental fate and behaviour – 301 Ready biodegradability – 301 F: Manometric respirometry test*

U.S. Environmental Protection Agency, EPA 712-C-98-076, *US EPA OPPTS Series 835: Fate, transport and transformation test guidelines – Group C: Laboratory biological transformation test guidelines – 835.3110 Ready biodegradability*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION	26
1 Domaine d'application	27
2 Références normatives	27
3 Termes et définitions	29
4 Classification	30
4.1 Généralités	30
4.2 Classification relative au comportement au feu	30
4.3 Classification relative à la viscosité	30
5 Propriétés, leur signification et méthodes d'essai	30
5.1 Propriétés physiques	30
5.1.1 Aspect	30
5.1.2 Couleur	30
5.1.3 Viscosité	30
5.1.4 Pouvoir lubrifiant	31
5.1.5 Conductivité thermique	31
5.1.6 Coefficient de dilatation thermique	31
5.1.7 Capacité calorifique spécifique	31
5.1.8 Point d'écoulement	31
5.1.9 Teneur en eau	32
5.1.10 Saturation en eau	32
5.1.11 Masse volumique	32
5.1.12 Tension interfaciale	32
5.2 Propriétés électriques	32
5.2.1 Tension de claquage sous courant alternatif	32
5.2.2 Tension de claquage au choc de foudre	32
5.2.3 Tension d'apparition de décharges partielles (TADP)	32
5.2.4 Facteur de dissipation diélectrique (FDD)	32
5.2.5 Permittivité relative (constante diélectrique)	32
5.2.6 Résistivité en courant continu	33
5.2.7 Tendance à la charge électrostatique (TCE)	33
5.3 Propriétés chimiques	33
5.3.1 Acidité	33
5.3.2 Teneur en additifs	33
5.3.3 Composés soufrés corrosifs et potentiellement corrosifs	33
5.3.4 Teneur en méthanol	33
5.4 Propriétés liées aux performances à long terme	34
5.4.1 Stabilité à l'oxydation	34
5.4.2 Température d'utilisation	34
5.4.3 Compatibilité des matériaux	34
5.4.4 Stray gassing	34
5.4.5 Tendance au gassing	34
5.5 Propriétés liées à l'hygiène, à la sécurité et à l'environnement	35
5.5.1 Généralités	35
5.5.2 Polychlorobiphényles (PCB)	35
5.5.3 Écotoxicité	35

5.5.4	Point d'éclair et point de feu	35
5.5.5	Développement durable	35
5.5.6	Biodégradabilité.....	35
5.5.7	Élimination.....	35
6	Exigences minimales de performances	35
7	Exigences générales et d'identification à la livraison	36
Annexe A (Informative) Miscibilité et compatibilité des liquides et re-remplissage des transformateurs		39
Bibliographie.....		40
Tableau 1 – Caractéristiques de performance exigées des esters modifiés ou mélangés		37
Tableau 2 – Caractéristiques de performance facultatives des esters modifiés ou mélangés		38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ISOLANTS LIQUIDES – ESTERS NEUFS MODIFIÉS OU MÉLANGÉS POUR APPLICATIONS ÉLECTROTECHNIQUES

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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 63012 a été établie par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques.

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

FDIS	Rapport de vote
10/1078/FDIS	10/1082/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

L'isolation électrique et le transfert de chaleur sont des fonctions essentielles des isolants liquides destinés aux applications électrotechniques. Jusqu'à une époque récente, ces liquides étaient en règle générale homogènes et choisis dans différentes catégories telles que, le plus couramment, les huiles minérales ou, plus récemment, les esters synthétiques, les esters naturels ou les liquides silicones. La recherche continue pour l'amélioration des caractéristiques de performance des matériels conduit à explorer les avantages des combinaisons de liquides. L'optimisation du coût du liquide, le renforcement des performances de refroidissement, l'amélioration du point d'éclair, l'allongement de la durée d'isolation ou la réduction des impacts environnementaux sont des exemples connus d'améliorations souhaitées des caractéristiques des liquides.

Il existe actuellement des normes internationales pour des catégories de liquides spécifiquement définies (huiles minérales, esters synthétiques, esters naturels, liquides silicones). Aucune d'elles ne couvre les liquides à base d'esters naturels chimiquement modifiés ou les mélanges de plusieurs esters. De plus, les normes existantes ne couvrent pas les esters synthétiques dont les caractéristiques peuvent dépasser les limites définies dans l'IEC 61099.

Certains esters modifiés ou des mélanges d'esters modifiés sont déjà disponibles en tant que produits commerciaux auprès des fournisseurs de liquides. Il s'agit par exemple des produits suivants:

- Esters d'acides gras d'huile de palme ayant une faible viscosité de 5 mm²/s à 40 °C et un point d'éclair de 176 °C.
- Mélange de triglycérides (50 %) et de monoesters d'acides gras (50 %) ayant une faible viscosité de 17 mm²/s à 40 °C et un point d'éclair de 200 °C.

Il est prévu que le nombre de sources de liquides à base d'esters ou de mélanges de liquides à base d'esters augmente au cours des prochaines années. Il est donc nécessaire de caractériser ces liquides afin de confirmer leur adéquation avec l'application prévue par l'utilisateur. Il convient de ne pas déduire les caractéristiques de performance des mélanges uniquement à partir des caractéristiques de performance de leurs composants individuels. Le présent document doit définir des exigences minimales concernant la caractérisation des nouvelles compositions.

AVERTISSEMENT

Le présent document établit des critères de performances pour les esters neufs synthétiques/modifiés ou mélangés destinés aux applications électriques. Le présent document ne vise pas à traiter tous les problèmes de sécurité liés à leur utilisation. Il est de la responsabilité de l'utilisateur du présent document de mettre en place les pratiques d'hygiène et de sécurité adéquates et de déterminer avant utilisation si des contraintes réglementaires s'appliquent.

Certains des essais mentionnés dans le présent document sont susceptibles d'entraîner une situation dangereuse. L'attention est attirée sur les méthodes d'essai normalisées applicables à des fins de guide.

Il convient de procéder à l'élimination des liquides, des produits chimiques et des récipients d'échantillons mentionnés dans le présent document conformément aux législations locale et nationale en vigueur pour ce qui concerne l'impact sur l'environnement. Il convient de prendre toutes les précautions afin d'empêcher le rejet du liquide dans l'environnement.

ISOLANTS LIQUIDES – ESTERS NEUFS MODIFIÉS OU MÉLANGÉS POUR APPLICATIONS ÉLECTROTECHNIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document définit les exigences relatives à la caractérisation des esters neufs modifiés ou des mélanges d'esters neufs, utilisés comme isolants liquides pour des applications électrotechniques. Il ne couvre pas les liquides contenant une proportion quelconque de liquides usagés.

Les liquides couverts par le présent document sont principalement destinés aux applications dans des transformateurs.

Les esters neufs synthétiques/modifiés sont dérivés d'une base naturelle ou synthétique, ou sont des mélanges des deux. Le présent document couvre une variété de liquides à base d'esters non couverts par d'autres normes spécifiques aux esters naturels (IEC 62770) ou aux esters synthétiques (IEC 61099).

Traitant d'une grande variété de liquides, le présent document couvre également une large plage de valeurs pour certaines caractéristiques de performance. La viscosité est une propriété importante qui peut influencer la conception et les performances de refroidissement du matériel électrique. Une classification est définie sur la base de la viscosité cinématique des différents liquides. La catégorie des liquides à base d'esters à faible viscosité est donc établie.

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 60666, *Détection et dosage d'additifs spécifiques présents dans les huiles minérales isolantes*

IEC 60628, *Gassing des isolants liquides sous contrainte électrique et ionisation*

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

IEC 60897, *Méthodes de détermination de la tension de claquage au choc de foudre des liquides isolants*

IEC 61099:2010, *Liquides isolants – Spécifications relatives aux esters organiques de synthèse neufs destinés aux matériels électriques*

IEC 61125, *Isolants liquides – Méthodes d'essai de la stabilité à l'oxydation – Méthode d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation des isolants liquides tels que livrés*

IEC TR 61294, *Isolants liquides – Détermination de la tension d'apparition des décharges partielles (TADP) – Méthode d'essai*

IEC 61619, *Isolants liquides – Contamination par les polychlorobiphényles (PCB) – Méthode de détermination par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire*

IEC 61620, *Isolants liquides – Détermination du facteur de dissipation diélectrique par la mesure de la conductance et de la capacité – Méthode d'essai*

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

IEC 62535, *Liquides isolants – Méthode d'essai pour la détection du soufre potentiellement corrosif dans les huiles usagées et neuves*

IEC 62697-1, *Méthodes d'essai pour la détermination quantitative des composés de soufre corrosif dans les liquides isolants usagés et neufs – Partie 1: Méthode d'essai pour la détermination quantitative du disulfure de dibenzyle (DBDS)*

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

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

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

ISO 2211, *Produits chimiques liquides – Détermination de la coloration en unités Hazen (Échelle platine-cobalt)*

ISO 2592, *Pétrole et produits connexes – Détermination des points d'éclair et de feu – Méthode Cleveland à vase ouvert*

ISO 2719, *Détermination du point d'éclair – Méthode Pensky-Martens en vase clos*

ISO 3016, *Petroleum products – Determination of pour point (disponible en anglais seulement)*

ISO 3104, *Produits pétroliers – Liquides opaques et transparents – Détermination de la viscosité cinématique et calcul de la viscosité dynamique*

ISO 3675, *Pétrole brut et produits pétroliers liquides – Détermination en laboratoire de la masse volumique – Méthode à l'aréomètre*

ISO 12185, *Pétroles bruts et produits pétroliers – Détermination de la masse volumique – Méthode du tube en U oscillant*

EN 14210, *Agents de surface – Détermination de la tension interfaciale des solutions d'agents de surface par la méthode à l'anneau ou l'étrier*

ASTM D1275, *Standard test method for corrosive sulfur in electrical insulating liquids*

ASTM D1903, *Standard practice for determining the coefficient of thermal expansion of electrical insulating liquids of petroleum origin, and askarels*

ASTM D3300, *Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating oils of petroleum origin under impulse conditions*

ASTM D4172, *Standard test method for wear preventive characteristics of lubricating fluid (four-ball method)*

ASTM D7150, *Standard test method for the determination of gassing characteristics of insulating liquids under thermal stress*

ASTM D7896, *Standard test method for thermal conductivity, thermal diffusivity and volumetric heat capacity of engine coolants and related fluids by transient hot wire liquid thermal conductivity method*

ASTM E1269, *Standard test method for determining specific heat capacity by differential scanning calorimetry*

DIN 51350-1, *Testing of lubricants – Testing in the four-ball tester – Part 1: General working principles*

DIN 51350-2, *Testing of lubricants – Testing in the four-ball tester – Part 2: Determination of welding load of liquid lubricants*

DIN 51350-3, *Testing of lubricants – Testing in the four-ball tester – Part 3: Determination of wearing characteristics of liquid lubricants*

OCDE 301-B, *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Section 3: Devenir et comportement dans l'environnement – 301 Biodégradabilité facile – 301 B: Essai de dégagement de CO₂ (Essai de Sturm modifié)*

OCDE 301-C, *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Section 3: Devenir et comportement dans l'environnement – 301 Biodégradabilité facile – 301 C: Essai MITI modifié (I) (Ministry of International Trade and Industry, Japon)*

OCDE 301-F, *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques – Section 3: Devenir et comportement dans l'environnement – 301 Biodégradabilité facile – 301 F: Essai de respirométrie manométrique*

U.S. Environmental Protection Agency, EPA 712-C-98-076, *US EPA OPPTS Series 835: Fate, transport and transformation test guidelines – Group C: Laboratory biological transformation test guidelines – 835.3110 Ready biodegradability*