



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fluids for electrotechnical applications – Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment

Fluides pour applications électrotechniques – Esters naturels neufs pour transformateurs et matériels électriques analogues

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.040.01

ISBN 978-2-8322-9528-1

**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, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms.....	9
4 Properties, their significance and test methods.....	9
4.1 General.....	9
4.2 Physical properties	9
4.2.1 Appearance and colour.....	9
4.2.2 Viscosity.....	10
4.2.3 Pour point.....	10
4.2.4 Water content.....	10
4.2.5 Density	10
4.3 Electrical properties	11
4.3.1 Breakdown voltage	11
4.3.2 Dielectric dissipation factor (DDF)	11
4.3.3 Relative permittivity (dielectric constant).....	11
4.4 Chemical properties	11
4.4.1 Acidity	11
4.4.2 Corrosive sulfur	11
4.4.3 Additive content.....	11
4.4.4 Furfural content.....	12
4.5 Performance	12
4.5.1 General	12
4.5.2 Oxidation stability	12
4.6 Health, safety and environmental (HSE) properties	12
4.6.1 Fire point and flash point	12
4.6.2 Polychlorinated biphenyls (PCBs).....	12
4.6.3 Biodegradation	13
4.6.4 Aquatic toxicity	13
5 Classification, identification, general delivery requirements, and sampling.....	13
5.1 Classification	13
5.2 Identification and general delivery requirements	13
5.3 Sampling.....	13
Annex A (normative) Summary of the test method for evaluating oxidation stability of unused natural esters	15
A.1 General.....	15
A.2 Test conditions	15
A.3 Precision.....	15
A.4 Relative repeatability (<i>r</i>).....	15
A.5 Relative reproducibility (<i>R</i>).....	15
Bibliography.....	16

Table 1 – Abbreviated terms	9
Table 2 – General specifications	14
Table A.1 – Relative repeatability and relative reproducibility obtained for different parameters during RRT	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FLUIDS FOR ELECTROTECHNICAL APPLICATIONS – UNUSED NATURAL ESTERS FOR TRANSFORMERS AND SIMILAR ELECTRICAL EQUIPMENT

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 62770 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Introduction of IEC 63012 which details other liquids not covered by this document. IEC 63012 was published in 2019 after the first edition of IEC 62770 (2013).
- b) New Table 1 inserted which clarifies definitions.
- c) Appearance and colour requirements now merged.

- d) Pour point: Introduction of the importance of LCSET with advice on cold temperature behaviour of natural esters.
- e) Additives: new agreed wording inserted on the declaration of additives
- f) Flash and fire points: now only determined by Cleveland Open Cup method, since the Pensky-Martens closed cup method was identified as problematic with natural esters.
- g) Toxicity: Aquatic toxicity now emphasized.
- h) Annex B removed as it is no longer needed since the publication of IEC 63012.

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

Draft	Report on voting
10/1215/FDIS	10/1243/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

Because of their higher fire points and lower environmental impact relative to hydrocarbon petroleum derived insulating mineral oil, the use of vegetable oils and other natural esters is on the rise as insulating and heat transfer fluids in electrical devices such as transformers.

This document sets performance criteria for unused natural esters earmarked for electrical applications. However, the use of natural esters is recommended only for equipment that is not open to the atmosphere, for example sealed transformers and reactors because these liquids are susceptible to oxidation.

This document does not purport to address all the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of the document to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Unused natural esters which are the subject of this document should be handled with due regard to personal hygiene. Direct contact with eyes should be avoided. In case of eye contact, irrigation with copious amounts of clean running water should be carried out and medical advice sought.

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

FLUIDS FOR ELECTROTECHNICAL APPLICATIONS – UNUSED NATURAL ESTERS FOR TRANSFORMERS AND SIMILAR ELECTRICAL EQUIPMENT

1 Scope

This document describes specifications and test methods for unused natural esters in transformers and similar liquid-immersed electrical equipment in which a liquid is required as an insulating and heat transfer medium. The exposure of natural ester to air leads to deterioration of the insulating liquid. Use of natural esters is therefore restricted to sealed units, or with the conservator tank protected from the contact with atmosphere by a membrane or other suitable system.

In this document the term "natural esters" applies to insulating liquids for transformers and similar electrical equipment with suitable biodegradability and lower environmental impact. Such natural esters are vegetable oils obtained from seeds, and oils obtained from other suitable biological materials. These oils are comprised of triglycerides.

Natural esters with additives are within the scope of this document. Because of their different chemical composition, natural esters differ from insulating mineral oils and other insulating liquids that have high fire points, such as synthetic esters or silicone fluids.

Natural ester-derived insulating liquids with low viscosity have been introduced but are not covered by this document. IEC 63012 covers these liquids.

This document is applicable only to unused natural esters. Reclaimed natural esters and natural esters blended with other insulating liquids are beyond the scope of this document.

NOTE The chemical nomenclature and scientific notations used in the document are in accordance with the IUPAC handbook (Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry).

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 ($\tan d$) and d.c. resistivity*

IEC 60475, *Method of sampling insulating liquids*

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

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

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

IEC 61198, *Mineral insulating oils – Methods for the determination of 2-furfural and related compounds*

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

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

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

ISO 3016, *Petroleum and related products from natural or synthetic sources – Determination of pour point*

ISO 3104, *Petroleum products – Transparent and opaque fluids – 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*

ASTM D1500, *Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)*

ASTM D7042, *Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer (and the Calculation of Kinematic Viscosity)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	20
INTRODUCTION.....	22
1 Domaine d'application	23
2 Références normatives	23
3 Termes, définitions et abréviations	25
3.1 Termes et définitions	25
3.2 Abréviations.....	25
4 Propriétés, leur signification et méthodes d'essai	26
4.1 Généralités	26
4.2 Propriétés physiques	26
4.2.1 Apparence et couleur.....	26
4.2.2 Viscosité.....	26
4.2.3 Point d'écoulement	26
4.2.4 Teneur en eau	27
4.2.5 Masse volumique.....	27
4.3 Propriétés électriques	27
4.3.1 Tension de claquage	27
4.3.2 Facteur de dissipation diélectrique (FDD)	27
4.3.3 Permittivité relative (constante diélectrique)	27
4.4 Propriétés chimiques	28
4.4.1 Acidité	28
4.4.2 Soufre corrosif.....	28
4.4.3 Teneur en additifs.....	28
4.4.4 Teneur en furfural.....	28
4.5 Performance	28
4.5.1 Généralités.....	28
4.5.2 Stabilité à l'oxydation.....	29
4.6 Propriétés liées à l'hygiène, à la sécurité et à l'environnement (HSE)	29
4.6.1 Point de feu et point d'éclair	29
4.6.2 Polychlorobiphényles (PCB)	29
4.6.3 Biodégradation	29
4.6.4 Toxicité aquatique	30
5 Classification, identification, exigences générales de livraison et échantillonnage	30
5.1 Classification	30
5.2 Identification et exigences générales de livraison.....	30
5.3 Échantillonnage	30
Annexe A (normative) Récapitulatif de la méthode d'essai utilisée pour l'évaluation de la stabilité à l'oxydation des esters naturels neufs.....	32
A.1 Généralités	32
A.2 Conditions d'essai.....	32
A.3 Précision.....	32
A.4 Répétabilité relative (r)	32
A.5 Reproductibilité relative (R).....	32
Bibliographie.....	33

Tableau 1 – Abréviations	25
Tableau 2 – Spécifications générales.....	31
Tableau A.1 – Répétabilité relative et reproductibilité relative obtenues pour différents paramètres durant les essais interlaboratoires	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FLUIDES POUR APPLICATIONS ÉLECTROTECHNIQUES – ESTERS NATURELS NEUFS POUR TRANSFORMATEURS ET MATÉRIELS ÉLECTRIQUES ANALOGUES

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 62770 a été établie par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) l'IEC 63012, qui décrit les autres liquides non couverts par le présent document, a été introduite. L'IEC 63012 a été publiée en 2019, après la première édition de l'IEC 62770 (2013);
- b) un nouveau Tableau 1, qui clarifie les définitions, a été inséré;
- c) les exigences relatives à l'apparence et la couleur sont désormais fusionnées;
- d) point d'écoulement: l'importance de la TMDP a été introduite, avec des conseils relatifs au comportement à basse température des esters naturels;
- e) additifs: une nouvelle formulation fixée par accord a été insérée dans la déclaration des additifs;
- f) points d'éclair et de feu: désormais uniquement déterminés par la méthode Cleveland à vase ouvert, la méthode Pensky-Martens en vase clos ayant été identifiée comme problématique avec les esters naturels;
- g) toxicité: la toxicité aquatique est désormais soulignée;
- h) l'Annexe B a été supprimée, dans la mesure où elle n'est plus nécessaire depuis la publication de l'IEC 63012.

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

Projet	Rapport de vote
10/1215/FDIS	10/1243/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

Du fait de leurs points de feu plus élevés et de leur impact moindre sur l'environnement par rapport à l'huile minérale isolante obtenue à partir des hydrocarbures pétroliers, l'utilisation des huiles végétales et d'autres esters naturels est en augmentation en tant que liquides isolants et fluides caloporteurs dans les appareils électriques tels que les transformateurs.

Le présent document établit des critères de performance pour les esters naturels neufs destinés aux applications électriques. Cependant, l'utilisation des esters naturels est recommandée uniquement pour les matériels sans contact avec l'air, par exemple les transformateurs et réacteurs scellés, car ces liquides sont susceptibles de s'oxyder.

Le présent document ne prétend pas couvrir tous les problèmes de sécurité liés à son 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.

Il convient de manipuler les esters naturels neufs dont traite le présent document en respectant scrupuleusement l'hygiène personnelle. Il convient d'éviter tout contact direct avec les yeux. En cas de contact oculaire, il convient de laver les yeux abondamment à l'eau courante propre et de demander un avis médical.

Certains des essais mentionnés dans le présent document sont susceptibles d'entraîner une situation dangereuse. L'attention est attirée sur la méthode d'essai du document applicable à titre de recommandation.

FLUIDES POUR APPLICATIONS ÉLECTROTECHNIQUES – ESTERS NATURELS NEUFS POUR TRANSFORMATEURS ET MATÉRIELS ÉLECTRIQUES ANALOGUES

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les spécifications et méthodes d'essai applicables aux esters naturels neufs dans les transformateurs et matériels électriques immergés dans du liquide analogues qui nécessitent un liquide en tant que milieu isolant et caloporteur. L'exposition de l'ester naturel à l'air entraîne une détérioration du liquide isolant. L'utilisation des esters naturels est donc limitée à des unités scellées, ou avec le conservateur protégé du contact atmosphérique par une membrane ou tout autre système approprié.

Dans le présent document, le terme "esters naturels" s'applique aux liquides isolants pour transformateurs et matériels électriques analogues qui présentent une biodégradabilité convenable et un impact moindre sur l'environnement. Ces esters naturels sont des huiles végétales obtenues à partir de graines et des huiles obtenues à partir d'autres matériaux biologiques appropriés. Ces huiles sont composées de triglycérides.

Les esters naturels avec additifs entrent dans le domaine d'application du présent document. En raison de leur composition chimique différente, les esters naturels se distinguent des huiles minérales isolantes et d'autres liquides isolants qui possèdent des points de feu élevés, tels que les esters synthétiques ou les fluides silicones.

Les liquides isolants obtenus à partir d'esters naturels qui présentent une faible viscosité ont été introduits, mais ne sont pas couverts par le présent document. L'IEC 63012 couvre ces liquides.

Le présent document ne s'applique qu'aux esters naturels neufs. Les esters naturels régénérés et les esters naturels mélangés à d'autres liquides isolants n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document.

NOTE La nomenclature chimique et les notations scientifiques utilisées dans le présent document sont conformes au manuel de l'IUPAC (Grandeurs, unités et symboles de la chimie physique).

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 60475, *Méthode d'échantillonnage des liquides isolants*

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

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

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 61198, *Huiles minérales isolantes – Méthodes pour la détermination du 2-furfural et ses dérivés*

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)*

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

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

ISO 3016, *Produits pétroliers et connexes d'origine naturelle ou synthétique – Détermination du point d'écoulement*

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*

ASTM D1500, *Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)*

ASTM D7042, *Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer (and the Calculation of Kinematic Viscosity)*