

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.040.10

ISBN 978-2-8322-5210-9

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	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Apparatus	9
4.1 General principle of the method	9
4.2 Equipment	9
4.2.1 Heating arrangement	9
4.2.2 Test vessels	10
4.2.3 Absorption tubes	10
4.2.4 Filtering crucibles	10
4.2.5 Porcelain vessels	11
4.2.6 Flowmeter	11
4.2.7 Timer	11
4.2.8 Gas supply	11
4.2.9 Analytical balance	11
4.2.10 Burette	11
4.2.11 Volumetric pipette	11
4.2.12 Volumetric flask	12
4.2.13 Graduated measuring cylinder	12
4.2.14 Thermometer	12
4.2.15 Erlenmeyer flask	12
4.3 Reagents	12
4.3.1 Normal heptane	12
4.3.2 Alkali blue 6B indicator according to IEC 62021-2	12
4.3.3 Phenolphthalein indicator	12
4.3.4 Potassium hydroxide according to IEC 62021-2	12
4.3.5 Oxidant gas	12
4.3.6 Acetone	12
4.4 Cleaning of test vessels	12
4.5 Catalyst	13
4.6 Insulating liquid sample conditioning	13
4.7 Preparation of the test	13
4.8 Determinations on the oxidized insulating liquid	13
4.8.1 Sludge formation	13
4.8.2 Soluble acidity (SA)	14
4.8.3 Volatile acidity (VA)	14
4.8.4 Total acidity (TA)	15
4.8.5 Dielectric dissipation factor (DDF)	15
4.8.6 Oxidation rate with air	15
4.8.7 Induction period with air (IP with air) (optional)	15
4.9 Report	15
4.10 Precision	16
4.10.1 General	16
4.10.2 Repeatability (<i>r</i>) (95 % confidence)	16
4.10.3 Reproducibility (<i>R</i>) (95 % confidence)	16

Annex A (normative) Thermometer specifications	20
Annex B (informative) Method for evaluating the oxidation stability of inhibited insulating liquids in the delivery state by measurement of the induction period with oxygen.....	21
B.1 Outline of the method.....	21
B.2 Reagents and test conditions	21
B.3 Procedure	21
B.3.1 General	21
B.3.2 Preparation of the test	21
B.3.3 Oxidation	22
B.3.4 Determination of the induction period with oxygen	22
B.3.5 Determinations on the oxidized oil (optional).....	22
B.4 Report.....	23
B.5 Precision.....	23
B.5.1 General	23
B.5.2 Relative repeatability (<i>r</i>) (95 % confidence).....	23
B.5.3 Relative reproducibility (<i>R</i>) (95 % confidence)	23
Annex C (informative) Method for evaluation of thermo-oxidative behaviour of unused ester insulating liquids	24
C.1 Outline of the method.....	24
C.2 Equipment	24
C.2.1 Heating arrangement	24
C.2.2 Test vessels	24
C.2.3 Reagents.....	24
C.3 Test procedure.....	24
C.3.1 Sample conditioning and preparation	24
C.3.2 Ageing procedure	25
C.4 Determination of the oxidized insulating liquid.....	25
C.4.1 Soluble acidity	25
C.4.2 Dielectric dissipation factor (DDF) at 90 °C.....	25
C.4.3 Appearance	25
C.4.4 Kinematic viscosity	25
C.5 Report.....	25
C.6 Precision.....	26
Bibliography.....	27
Figure 1 – Typical 8 hole (4 x 2) aluminium heating block	17
Figure 2 – Aluminium alloy temperature measuring block.....	17
Figure 3 – Position of the tube in the oil bath	18
Figure 4 – Oxidation tube or absorption tube	18
Figure 5 – Oxidation tube and absorption tube assembly	19
Figure C.1 – Headspace vial with copper catalyst	25
Table 1 – Repeatability and reproducibility of the oxidation stability test of uninhibited mineral oil in the delivered state for 164 h at 120 °C.....	16
Table A.1 – Thermometer specifications	20
Table B.1 – Precision data for induction time with oxygen for the oxidation test for mineral oil according to Annex B.....	23

Table C.1 – Precision data for headspace procedure according to Annex C26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATING LIQUIDS – TEST METHODS FOR OXIDATION STABILITY**Test method for evaluating the oxidation stability of insulating liquids in the delivered state**

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 61125 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1992 and Amendment 1:2004. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the title has been modified to include insulating liquids different from mineral insulating oils (hydrocarbon);
- b) the method applies for insulating liquids in the delivered state;
- c) former Method C is now the main normative method;
- d) precision data of the main normative method has been updated concerning the dissipation factor;

- e) former Method A has been deleted;
- f) former Method B has been transferred to Annex B;
- g) a new method evaluating the thermo-oxidative behaviour of esters is included in Annex C.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
10/1047/FDIS	10/1052/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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INSULATING LIQUIDS – TEST METHODS FOR OXIDATION STABILITY

Test method for evaluating the oxidation stability of insulating liquids in the delivered state

1 Scope

This document describes a test method for evaluating the oxidation stability of insulating liquids in the delivered state under accelerated conditions regardless of whether or not antioxidant additives are present. The duration of the test can be different depending on the insulating liquid type and is defined in the corresponding standards (e.g. in IEC 60296, IEC 61099, IEC 62770). The method can be used for measuring the induction period, the test being continued until the volatile acidity significantly exceeds 0,10 mg KOH/g in the case of mineral oils. This value can be significantly higher in the case of ester liquids.

The insulating liquid sample is maintained at 120 °C in the presence of a solid copper catalyst whilst bubbling air at a constant flow. The degree of oxidation stability is estimated by measurement of volatile acidity, soluble acidity, sludge, dielectric dissipation factor, or from the time to develop a given amount of volatile acidity (induction period with air).

In informative Annex B, a test method for evaluating the oxidation stability of inhibited mineral insulating oils in the delivered state by measurement of the induction period with oxygen is described. The method is only intended for quality control purposes. The results do not necessarily provide information on the performance in service. The oil sample is maintained at 120 °C in the presence of a solid copper catalyst whilst bubbling through a constant flow of oxygen. The degree of oxidation stability is estimated by the time taken by the oil to develop a determined amount of volatile acidity (induction period with oxygen). Additional criteria such as soluble and volatile acidities, sludge and dielectric dissipation factor can also be determined after a specified duration.

In informative Annex C, a test method intended to simulate the thermo-oxidative behaviour of ester insulating liquids (headspace of air at 150 °C for 164 h) is described.

Additional test methods such as those described in IEC TR 62036 based on differential scanning calorimetry can also be used as screening tests, but are out of the scope of this document.

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

IEC 62021-2, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 2: Colorimetric titration*

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

IEC 60422:2013, *Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance*

ISO 383, *Laboratory glassware – Interchangeable conical ground joints*

ISO 4793, *Laboratory sintered (fritted) filters – Porosity grading, classification and designation*

ISO 6344-1, *Coated abrasives – Grain size analysis – Part 1: Grain size distribution test*

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

ASTM E287, *Standard specification for laboratory glass graduated burets*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	31
1 Domaine d'application	33
2 Références normatives	33
3 Termes et définitions	34
4 Appareillage	35
4.1 Principe général de la méthode	35
4.2 Matériel	35
4.2.1 Dispositif de chauffage	35
4.2.2 Récipients d'essai	36
4.2.3 Tubes d'absorption	36
4.2.4 Creusets filtrants	37
4.2.5 Récipients en porcelaine	37
4.2.6 Débitmètre	37
4.2.7 Chronomètre	37
4.2.8 Alimentation en gaz	37
4.2.9 Balance de précision	38
4.2.10 Burette	38
4.2.11 Pipette jaugée	38
4.2.12 Fiole jaugée	38
4.2.13 Éprouvette graduée	38
4.2.14 Thermomètre	38
4.2.15 Récipients de type Erlenmeyer	38
4.3 Réactifs	38
4.3.1 Heptane normal	38
4.3.2 Indicateur au bleu alcalin 6B – conformément à l'IEC 62021-2	38
4.3.3 Indicateur à la phénolphtaléine	38
4.3.4 Hydroxyde de potassium – conformément à l'IEC 62021-2	38
4.3.5 Gaz oxydant	38
4.3.6 Acétone	39
4.4 Nettoyage des récipients d'essai	39
4.5 Catalyseur	39
4.6 Conditionnement de l'échantillon d'isolant liquide	39
4.7 Préparation de l'essai	39
4.8 Mesures réalisées sur l'isolant liquide oxydé	40
4.8.1 Formation de boues	40
4.8.2 Acidité soluble (AS)	40
4.8.3 Acidité volatile (AV)	41
4.8.4 Acidité totale (AT)	41
4.8.5 Facteur de dissipation diélectrique (FDD)	41
4.8.6 Vitesse d'oxydation sous air	42
4.8.7 Période d'induction sous air (PI sous air) (facultatif)	42
4.9 Rapport	42
4.10 Fidélité	42
4.10.1 Généralités	42
4.10.2 Répétabilité (<i>r</i>) (limite de confiance à 95 %)	42
4.10.3 Reproductibilité (<i>R</i>) (limite de confiance à 95 %)	42

Annexe A (normative) Spécifications du thermomètre	46
Annexe B (informative) Méthode d'évaluation de la stabilité à l'oxydation des isolants liquides inhibés tels que livrés par mesurage de la période d'induction	47
B.1 Présentation de la méthode	47
B.2 Réactifs et conditions d'essai	47
B.3 Mode opératoire	47
B.3.1 Généralités	47
B.3.2 Préparation de l'essai	47
B.3.3 Oxydation	48
B.3.4 Détermination de la période d'induction sous oxygène	48
B.3.5 Mesures réalisées sur l'huile oxydée (facultatif)	48
B.4 Rapport	49
B.5 Fidélité	49
B.5.1 Généralités	49
B.5.2 Répétabilité relative (r) (limite de confiance à 95 %)	49
B.5.3 Reproductibilité relative (R) (limite de confiance à 95 %)	49
Annexe C (informative) Méthode d'évaluation de la stabilité à l'oxydation thermique des esters isolants neufs	51
C.1 Présentation de la méthode	51
C.2 Appareillage	51
C.2.1 Dispositif de chauffage	51
C.2.2 Récipients d'essai	51
C.2.3 Réactifs	51
C.3 Mode opératoire	51
C.3.1 Conditionnement et préparation de l'échantillon	51
C.3.2 Mode opératoire de vieillissement	52
C.4 Mesures réalisées sur l'isolant liquide oxydé	52
C.4.1 Acidité soluble	52
C.4.2 Facteur de dissipation diélectrique (FDD) à 90 °C	52
C.4.3 Aspect	52
C.4.4 Viscosité cinématique	52
C.5 Rapport	52
C.6 Fidélité	53
Bibliographie	54
Figure 1 – Exemple de bloc chauffant à 8 trous (4 x 2) en aluminium	43
Figure 2 – Bloc en alliage d'aluminium pour la mesure de la température	43
Figure 3 – Position du tube dans le bain d'huile	44
Figure 4 – Tube d'oxydation ou tube d'absorption	44
Figure 5 – Assemblage des tubes d'oxydation et d'absorption	45
Figure C.1 – Flacon avec espace de tête avec catalyseur de cuivre	52
Tableau 1 – Répétabilité et reproductibilité de l'essai de stabilité à l'oxydation de l'huile minérale non inhibée telle que livrée pendant une durée de 164 h à 120 °C	42
Tableau A.1 – Spécifications du thermomètre	46
Tableau B.1 – Données de fidélité relatives au temps d'induction sous oxygène propre à l'essai d'oxydation de l'huile minérale selon l'Annexe B	50

Tableau C.1 – Données de fidélité relatives au mode opératoire avec espace de tête
selon l'Annexe C..... 53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ISOLANTS LIQUIDES – MÉTHODES D'ESSAI DE LA STABILITÉ
A L'OXYDATION****Méthode d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation des isolants
liquides tels que livrés**

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 61125 a été établie par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1992 et l'Amendement 1: 2004. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) modification du titre afin d'inclure les isolants liquides différents des huiles minérales isolantes (hydrocarbures);
- b) application de la méthode aux isolants liquides tels que livrés;

- c) l'ancienne méthode C est dorénavant la méthode normative principale;
- d) actualisation des données de fidélité de la méthode normative principale concernant le facteur de dissipation;
- e) suppression de l'ancienne méthode A;
- f) transfert de l'ancienne méthode B dans l'Annexe B;
- g) une nouvelle méthode d'évaluation de la stabilité à l'oxydation thermique des esters est proposée dans l'Annexe C.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/1047/FDIS	10/1052/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 à la publication recherchée. À cette date, le document sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

ISOLANTS LIQUIDES – MÉTHODES D'ESSAI DE LA STABILITÉ A L'OXYDATION

Méthode d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation des isolants liquides tels que livrés

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode d'essai permettant d'évaluer dans des conditions accélérées la stabilité à l'oxydation des isolants liquides tels que livrés, que des additifs antioxydants soient présents ou non. La durée de l'essai peut différer selon les types d'isolants liquides, et elle est définie dans les normes correspondantes (par exemple, dans l'IEC 60296, l'IEC 61099, l'IEC 62770). La méthode peut être utilisée pour mesurer la période d'induction, l'essai se poursuivant jusqu'à ce que l'acidité volatile dépasse significativement 0,10 mg KOH/g dans le cas des huiles minérales. Cette valeur peut être nettement plus élevée dans le cas des esters liquides.

L'échantillon d'isolant liquide, dans lequel barbote un flux d'air à un débit constant, est maintenu à 120 °C en présence d'un catalyseur de cuivre métallique. Les mesurages de l'acidité volatile, de l'acidité soluble, des boues et du facteur de dissipation diélectrique, ou le temps nécessaire pour obtenir une quantité d'acides volatils donnée (période d'induction sous air) permettent d'évaluer le degré de stabilité à l'oxydation.

L'Annexe B, informative, décrit une méthode d'essai qui permet, par mesurage de la période d'induction sous oxygène, d'évaluer la stabilité à l'oxydation des huiles minérales isolantes inhibées telles que livrées. La méthode est destinée uniquement à des fins de contrôle qualité. Les résultats obtenus ne fournissent pas nécessairement d'informations sur leurs performances en fonctionnement. L'échantillon d'huile dans lequel barbote un flux d'oxygène à débit constant est maintenu à 120 °C en présence d'un catalyseur de cuivre métallique. Le degré de stabilité à l'oxydation est évalué en fonction du temps nécessaire pour que l'huile atteigne une quantité déterminée d'acides volatils (période d'induction sous oxygène). D'autres critères tels que les acidités solubles et volatiles, les boues et le facteur de dissipation diélectrique peuvent également être déterminés après une durée spécifiée.

L'Annexe C, informative, décrit une méthode d'essai destinée à évaluer la stabilité à l'oxydation thermique des esters isolants liquides neufs (flacon étanche avec matelas d'air à 150 °C pendant 164 h).

Des méthodes d'essai complémentaires, par exemple celles basées sur l'analyse calorimétrique différentielle par balayage décrites dans l'IEC TR 62036, peuvent également être utilisées comme test de dépistage, mais elles ne font toutefois pas partie du domaine d'application du présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60247, *Liquides isolants – Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la résistivité en courant continu*

IEC 62021-2, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 2: Titrage colorimétrique*

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

IEC 60422:2013, *Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques – Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance*

ISO 383, *Verrerie de laboratoire – Assemblages coniques rodés interchangeables*

ISO 4793, *Filtres frittés de laboratoire – Échelle de porosité – Classification et désignation*

ISO 6344-1, *Abrasifs appliqués – Granulométrie – Partie 1: Contrôle de la distribution granulométrique*

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

ASTM E287, *Standard specification for laboratory glass graduated burets* (disponible en anglais seulement)