IEC 63585

Edition 1.0 2026-07

NORME INTERNATIONALE

Interprétation de l'analyse des gaz dissous dans les esters naturels et synthétiques

ICS 29.040.10

ISBN 978-2-8327-1390-7

IEC 63585:2026-07(fr)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2026 IEC, Geneva, Switzerland

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

A propos de l'IEC
La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC
Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, …). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6
1 Domaine d'application 7
2 Références normatives 7
3 Termes, définitions, abréviations, noms et formules chimiques 7
3.1 Termes et définitions 7
3.2 Abréviations, noms et formules chimiques 10
3.2.1 Noms et formules chimiques 10
3.2.2 Abréviations 10
4 Exemples de production de gaz dans un transformateur rempli d'esters naturels et synthétiques 10
4.1 Généralités 10
4.1.1 Généralités 10
4.1.2 Propriétés physiques et chimiques 11
4.1.3 Comportement de gassing sous claquage diélectrique et contrainte thermique dans des expériences en laboratoire 12
4.1.4 Stray gassing sous contrainte thermo-oxydative 13
5 Schémas d'interprétation 16
5.1 Généralités 16
5.2 90e ou 95e percentile des concentrations en gaz 17
5.3 Rapports de gaz 18
5.3.1 Généralités 18
5.3.2 Rapports de deux gaz pour les décharges partielles (DP) dans les esters synthétiques et naturels 19
5.3.3 Rapport de deux gaz pour les décharges (D) dans les esters synthétiques et naturels 20
5.3.4 Rapport de deux gaz pour les défauts thermiques (T) dans les esters synthétiques 20
5.3.5 Rapport de deux gaz pour les défauts thermiques (T) dans les esters naturels 20
5.3.6 Considérations générales pour les rapports de deux gaz 21
5.4 Taux d'augmentation des gaz 21
5.5 Analyse des tendances 22
5.6 Représentation graphique 22
6 Analyse des gaz dissous lors des essais de réception en usine (FAT) 23
7 Interprétation des bases de données 23
7.1 Généralités 23
7.2 Incertitudes dans l'interprétation des bases de données 24
7.3 Restrictions relatives à l'interprétation des bases de données 24
8 Fiabilité de l'AGD 24
9 Vérifications de l'AGD 24
10 Actions recommandées en fonction de l'interprétation des résultats de l'analyse des gaz dissous 25
11 Exemples de matériels avec évolution des gaz et analyse des tendances 25
Annexe A (informative) Solubilité des gaz dans divers liquides isolants 26
Annexe B (informative) Résultats de l'évaluation des bases de données 27
B.1 Base de données sur les esters naturels (µl/l) 27

B.2 Base de données sur les esters synthétiques (µl/l) 28
Annexe C (informative) Exemples de matériels avec évolution des gaz et analyse des tendances 29
C.1 Généralités 29
C.2 Exemple de décharge partielle (DP) par effet couronne 29
C.2.1 Généralités 29
C.2.2 Schéma d'interprétation 29
C.2.3 Représentations graphiques 30
C.2.4 Inspection du transformateur pour exemple C.2 31
C.3 Exemple de décharge (D) 32
C.3.1 Généralités 32
C.3.2 Schéma d'interprétation 32
C.3.3 Représentations graphiques 33
C.3.4 Inspection du transformateur pour exemple C.3 34
C.4 Exemple thermique (T) 34
C.4.1 Généralités 34
C.4.2 Schéma d'interprétation 35
C.4.3 Représentations graphiques 35
C.4.4 Inspection du transformateur pour exemple C.4 36
C.5 Évolution des tendances – Exemple C.5 37
C.5.1 Généralités 37
C.5.2 Schéma d'interprétation 38
C.5.3 Représentations graphiques 38
C.5.4 Inspection du transformateur pour exemple C.5 39
C.6 Évolution des tendances – Exemple C.6 39
C.6.1 Généralités 39
C.6.2 Schéma d'interprétation 40
C.6.3 Représentations graphiques 41
C.6.4 Inspection du transformateur pour exemple C.6 42
Annexe D (informative) Informations disponibles sur l'analyse des gaz dissous des monoesters et des esters mélangés 43
D.1 Ester d'acides gras de palme (PFAE) 43
D.2 Esters mélangés selon l'IEC 63012 [33] 43
Bibliographie 44

Figure 1 – Production relative de gaz après 100 claquages conformément à l'IEC 60156 [37] (5 s de pause entre les claquages sans entraînement) 12
Figure 2 – Production de gaz après vieillissement à 120 °C pendant 64 h sur des liquides isolants saturés en air 13
Figure 3 – Production d'hydrogène en µl/l en raison du stray gassing 14
Figure 4 – Production de méthane en µl/l en raison du stray gassing 14
Figure 5 – Production d'éthane en µl/l en raison du stray gassing 14
Figure 6 – Production de monoxyde de carbone en µl/l en raison du stray gassing 15
Figure C.1 – Photographie de cire X trouvée après examen 31
Figure C.2 – Photographie de la rupture de l'âme dans l'exemple C.3 34
Figure C.3 – Représentation graphique des tendances pour exemple C.5 39
Figure C.4 – Représentation graphique des tendances pour exemple C.6 41

Tableau 1 – Exemple de la dépendance de la formation des gaz dissous (µl/l) à la teneur en acide linolénique du liquide naturel de base (à 120 °C pendant 164 h) [11] 15
Tableau 2 – Exemple représentant la dépendance du niveau d'insaturation au type d'huile de base 20
Tableau A.1 – Exemples de coefficients de solubilité à 25 °C rapportés par l'IEC 60567:2023, Annexe A, Tableau A.1 26
Tableau B.1 – Percentiles de gaz spécifiques produits à partir de différents types non spécifiés d'esters naturels 27
Tableau B.2 – Percentiles de gaz spécifiques produits à partir d'esters naturels à base de soja 27
Tableau B.3 – Percentiles de gaz spécifiques produits à partir d'esters naturels à base de tournesol à haute teneur en acide oléique 27
Tableau B.4 – Percentiles de gaz spécifiques produits à partir d'esters synthétiques 28
Tableau C.1 – Données du transformateur pour exemple C.2 29
Tableau C.2 – Résultats d'AGD (en µl/l) pour exemple C.2 29
Tableau C.3 – Schéma d'interprétation selon les 5.2 à 5.5 pour exemple C.2 30
Tableau C.4 – Triangle de Duval pour exemple C.2 30
Tableau C.5 – Pentagone de Duval pour exemple C.2 31
Tableau C.6 – Données du transformateur pour exemple C.3 32
Tableau C.7 – Résultats d'AGD (en µl/l) pour exemple C.3 32
Tableau C.8 – Schéma d'interprétation selon les 5.2 à 5.5 pour exemple C.3 32
Tableau C.9 – Triangle de Duval pour exemple C.3 33
Tableau C.10 – Pentagone de Duval pour exemple C.3 33
Tableau C.11 – Données du transformateur pour exemple C.4 34
Tableau C.12 – Résultats d'AGD (en µl/l) pour exemple C.4 35
Tableau C.13 – Schéma d'interprétation selon les 5.2 à 5.5 pour exemple C.4 35
Tableau C.14 – Triangle de Duval pour ester naturel à base de soja pour exemple C.4 36
Tableau C.15 – Pentagone de Duval pour ester naturel à base de soja pour exemple C.4 36
Tableau C.16 – Données du transformateur pour exemple C.5 37
Tableau C.17 – Résultats d'AGD (en µl/l) pour exemple C.5 37
Tableau C.18 – Schéma d'interprétation selon les 5.2 à 5.5 pour exemple C.5 38
Tableau C.19 – Pentagone de Duval pour ester naturel à base de soja pour exemple C.5 39
Tableau C.20 – Données du transformateur pour exemple C.6 40
Tableau C.21 – Résultats d'AGD (en µl/l) pour exemple C.6 40
Tableau C.22 – Schéma d'interprétation selon les 5.2 à 5.5 pour exemple C.6 40
Tableau C.23 – Pentagone de Duval pour ester naturel à base de soja pour exemple C.6 41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

Interprétation de l'analyse des gaz dissous dans les esters naturels et synthétiques

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 63585 a été établie par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
10/1302/FDIS	10/1305/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'analyse des gaz dissous (AGD) est l'un des outils de diagnostic les plus largement utilisés pour détecter et évaluer les défauts dans les matériels électriques remplis de liquide isolant, indépendamment qu'il s'agisse d'huile minérale, d'ester ou de liquide isolant silicone. Cependant, l'interprétation des résultats de l'AGD est souvent complexe et il convient de toujours la réaliser avec précaution, en impliquant un personnel expérimenté. Les normes pour l'interprétation des gaz dissous dans l'huile sont considérées comme des lignes directrices. En effet, même s'il existe une base scientifique pour expliquer la formation de gaz, l'interprétation des données en ce qui concerne la cause de défaillance n'est pas une science exacte, mais provient de preuves empiriques à partir desquelles des règles d'interprétation ont été déduites.

Des recommandations similaires pour l'évaluation de l'AGD (interprétation) existent déjà pour l'huile minérale dans de nombreuses normes nationales et internationales, par exemple l'IEC 60599 ou l'IEEE Std C57^{TM}.104-2019 [35][1]. La norme IEEE Std C57^{TM}.155-2014 [36] décrit l'évaluation de l'analyse des gaz dissous des esters (principalement des esters naturels) à partir de valeurs absolues.

Les liquides isolants à base d'esters synthétiques sont utilisés dans les matériels électriques depuis la fin des années 70, les esters naturels depuis la fin des années 90. La demande en énergie électrique augmente et, avec elle, la demande en esters synthétiques et naturels. Les esters synthétiques et naturels sont souvent utilisés dans des environnements sensibles, en raison de leurs points d'éclair et de feu élevés (en cas d'exigences strictes en matière d'incendie), et étendus à de nombreuses applications, même indépendamment de leur inflammabilité limitée. Il existe des normes relatives à la maintenance du liquide en soi, mais peu de normes relatives à l'interprétation de l'analyse des gaz dissous. Le présent document fournit des recommandations pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous dans les matériels remplis d'esters.

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des lignes directrices à l'opérateur de transformateur pour évaluer les données d'analyse des gaz dissous (AGD) obtenues à partir de transformateurs remplis de liquides à base d'ester naturel selon l'IEC 62770 [31] et d'ester synthétique selon l'IEC 61099 [29] et de matériels analogues. Les informations sur les matériels remplis de monoesters et d'esters mélangés (IEC 63012 [33]) étant limitées, celles-ci sont actuellement incluses dans l'Annexe D.

Les esters liquides sont présents dans l'ensemble des applications, y compris les réseaux de transport et de distribution, les transformateurs industriels, de traction, d'énergie éolienne et solaire, comme cela est indiqué dans les tableaux relatifs aux données recueillies dans le présent document. Aujourd'hui, leur utilisation a été étendue aux transformateurs de puissance. Les esters liquides sont également de plus en plus utilisés en combinaison avec des changeurs de prises. En raison de l'insuffisance des données d'AGD disponibles, le matériel de commutation est exclu du présent document.

Le présent document comprend les éléments suivants:

– production de gaz dans un transformateur rempli d'esters naturels ou synthétiques;
– valeurs indicatives de concentration de gaz valables pour l'utilisation d'outils d'interprétation de l'AGD;
– méthodes pour l'interprétation des résultats des gaz dissous;
– actions recommandées en fonction de l'interprétation des résultats de l'analyse des gaz dissous;
– exemples de matériels défectueux.

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 60475, *Méthode d'échantillonnage des liquides isolants*

IEC 60567:2023, *Matériels électriques immergés - Échantillonnage de gaz libres et analyse des gaz libres et dissous dans les huiles minérales et d'autres liquides isolants - Recommandations*

IEC 60599:2022, *Matériels électriques remplis d'huile minérale en service - Recommandations relatives à l'interprétation de l'analyse des gaz dissous et des gaz libres*

3 Termes, définitions, abréviations, noms et formules chimiques

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

– IEC Electropedia: disponible à l'adresse https://www.electropedia.org/
– ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

NOTE Des termes plus spécifiques à l'interprétation de l'AGD et validés par les experts du CE 10 sont également utilisés.