

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
599**

Première édition
First edition
1978

**Interprétation de l'analyse des gaz
dans les transformateurs et autres matériels
électriques remplis d'huile, en service**

**Interpretation of the analysis of gases
in transformers and other oil-filled
electrical equipment in service**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 599: 1978

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
599**

Première édition
First edition
1978

**Interprétation de l'analyse des gaz
dans les transformateurs et autres matériels
électriques remplis d'huile, en service**

**Interpretation of the analysis of gases
in transformers and other oil-filled
electrical equipment in service**

© CEI 1978 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Domaine d'application	6
3. Méthode de base recommandée pour l'interprétation des analyses de gaz	6
3.1 Gaz produits par l'huile.	6
3.2 Concentrations significatives en gaz dissous	8
3.3 Identification des défauts grâce aux rapports de concentrations des gaz dissous dans l'huile	10
4. Dégradation de l'isolation cellulosique	16
4.1 Examen des concentrations en CO ₂ et CO des gaz dissous dans l'huile	16
4.2 Examen des concentrations en CO ₂ et CO dans les gaz libres recueillis aux relais collecteurs de gaz	16
5. Application de la méthode de diagnostic aux gaz libres recueillis aux relais collecteurs de gaz	16
5.1 Calcul des concentrations en gaz dissous équivalentes aux concentrations dans le gaz libre	18
ANNEXE A — Informations fournies par la vitesse de production des gaz	20

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Scope	7
3. Recommended basic method for interpreting gas analysis	7
3.1 Gases generated from oil	7
3.2 Levels at which dissolved gases are significant	9
3.3 Diagnosis of faults from relative concentrations of individual gases dissolved in oil	11
4. Degradation of cellulosic insulation	17
4.1 Examining CO ₂ and CO concentrations found dissolved in oil	17
4.2 Examining CO ₂ and CO concentrations in free gases found in the gas-collecting relay	17
5. Application of diagnostic method to free gases in a gas-collecting relay	17
5.1 Calculation of dissolved gas concentrations equivalent to free gas concentrations	19
APPENDIX A — Information obtained from rates of gas production	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES GAZ
DANS LES TRANSFORMATEURS ET AUTRES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES,
REMP LIS D'HUILE, EN SERVICE**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 10A: Huiles isolantes à base d'hydrocarbures, du Comité d'Etudes N° 10 de la CEI: Diélectriques liquides et gazeux.

Les projets furent discutés lors des réunions tenues à Baden-Baden en 1975 et à Moscou en 1977. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 10A(Bureau Central)37, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1977.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Danemark
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
France
Hongrie

Irlande
Italie
Norvège
Pays-Bas
Pologne
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Yougoslavie

Autre publication de la CEI citée dans la présente norme:

Publication n° 567: Guide pour le prélèvement des gaz et de l'huile dans le matériel électrique rempli d'huile et pour l'analyse des gaz libres et dissous.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INTERPRETATION OF THE ANALYSIS OF GASES IN TRANSFORMERS
AND OTHER OIL-FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 10A, Hydrocarbon Insulating Oils, of IEC Technical Committee No. 10, Liquid and Gaseous Dielectrics.

The drafts were discussed at the meetings held in Baden-Baden in 1975 and in Moscow in 1977. As a result of this latter meeting, a draft, Document 10A(Central Office)37, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Austria	Norway
Belgium	Poland
Canada	South Africa (Republic of)
Czechoslovakia	Spain
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	United Kingdom
Ireland	United States of America
Italy	Yugoslavia

Other IEC publication quoted in this standard:

Publication No. 567: Guide for the Sampling of Gases and of Oil from Oil-filled Electrical Equipment and for the Analysis of Free and Dissolved Gases.

INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES GAZ DANS LES TRANSFORMATEURS ET AUTRES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES, REMP LIS D'HUILE, EN SERVICE

1. Introduction

La présente norme est le résultat des travaux menés conjointement par la CEI et la CIGRÉ pour comparer les méthodes existantes d'interprétation des analyses de gaz dans l'huile. Une centaine d'exemples de transformateurs défectueux ont été examinés; la nature du défaut a été identifiée par une inspection interne, et les gaz dissous dans l'huile et parfois les gaz du relais collecteur (Buchholz) ont été analysés. Les méthodes d'interprétation de la présente norme ont été appliquées. Il apparaît que toutes ces méthodes d'interprétation sont très généralement capables de distinguer les défauts thermiques et les défauts électriques. Les exceptions sont rares et probablement dues à une méprise occasionnelle plutôt qu'à une insuffisance des méthodes.

2. Domaine d'application

Les décharges électriques et les contraintes thermiques dans l'huile ou dans l'isolation solide, par exemple du papier, du carton, etc., d'un transformateur rempli d'huile provoquent la dégradation de ces matériaux avec formation de différents gaz. Jusqu'à un certain point, ces gaz se dissolvent dans l'huile: en utilisant les techniques décrites dans la Publication 567 de la CEI: Guide pour le prélèvement des gaz et de l'huile dans le matériel électrique rempli d'huile et pour l'analyse des gaz libres et dissous, les gaz dissous peuvent être extraits d'un échantillon d'huile et peuvent être analysés quantitativement par chromatographie en phase gazeuse. La présente norme décrit comment les concentrations de ces gaz ou de gaz libres peuvent être interprétées pour diagnostiquer l'état d'un transformateur en service et prévoir l'intervention à effectuer.

Les méthodes d'interprétation ont été mises au point pour les transformateurs, en service dans les réseaux de puissance, bobinés avec des conducteurs en cuivre, isolés au papier cellulosique ou au carton et remplis d'huile isolante minérale. Les méthodes doivent être appliquées avec prudence aux autres types de matériaux jusqu'à ce que plus d'expérience ait été acquise dans ce domaine. Les méthodes peuvent être aussi appliquées, en principe, aux transformateurs de mesure, aux câbles à huile fluide, aux appareils de coupure, etc., mais avant d'établir des interprétations et limites convenables, plus d'expérience est encore nécessaire.

Dans tous les cas, l'information obtenue doit être considérée comme un guide; l'intervention à prévoir doit être décidée compte tenu des impératifs d'exploitation.

3. Méthode de base recommandée pour l'interprétation des analyses de gaz

3.1 Gaz produits par l'huile

Le diagnostic de base est fondé sur la nature et sur les quantités relatives de gaz produits par la décomposition de l'huile au cours des différents défauts: il faut garder à l'esprit que dans un grand transformateur l'huile, soit seule, soit en tant qu'imprégnant, est présente pratiquement partout là où peut se développer un défaut. Les gaz les plus significatifs, produits par la décomposition de l'huile, sont l'hydrogène (H_2), le méthane (CH_4), l'éthane (C_2H_6), l'éthylène (C_2H_4) et l'acétylène (C_2H_2).

Note. — Les hydrocarbures cités ci-dessus ne sont pas les seuls qui soient produits; par exemple des hydrocarbures en C_3 et C_4 sont également formés; cependant, l'expérience, à ce jour, a montré qu'un diagnostic satisfaisant pouvait être établi sans tenir compte de ces hydrocarbures, et, en vue de simplifier, ils ont été omis de la méthode d'interprétation décrite ci-dessous.

INTERPRETATION OF THE ANALYSIS OF GASES IN TRANSFORMERS AND OTHER OIL-FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE

1. Introduction

This standard is the result of a survey carried out jointly by the IEC and the CIGRÉ in order to compare available methods of interpretation of gas in oil analysis. One hundred examples were collected of faulty transformers for which the actual fault had been identified by internal examination and the gas dissolved in oil and sometimes the Buchholz gas, had been analyzed. The diagnostic methods given in this standard were applied. All these methods of interpretation appear to be capable of discriminating reliably between electrical faults and thermal faults. Exceptions were rare and they perhaps reflect occasional misjudgement rather than the inadequacy of the methods.

2. Scope

Electrical discharges or thermal stresses in the oil or solid insulation, for example, paper pressboard etc, of an oil-filled transformer cause degradation of these materials with the formation of gases of various types. To some extent these gases dissolve in the oil, but using techniques described in IEC Publication 567, Guide for the Sampling of Gases and of Oil from Oil-filled Electrical Equipment and for the Analysis of Free and Dissolved Gases, they may be removed from a sample of the oil and analyzed quantitatively by gas chromatography. This standard describes how the concentrations of dissolved gases or of free gases may be interpreted to diagnose the condition of a transformer in service and suggest future action.

The methods of interpretation have been developed for power transformers wound with copper conductors, insulated with cellulosic paper or pressboard-based solid insulation and filled with hydrocarbon mineral oil, in service on power networks; until further experience has been gained, the methods should be applied with caution in relation to other materials. The methods may also apply in principle to instrument transformers, oil-filled cables, switchgear, etc., but insufficient experience is available to formulate suitable interpretation and limits.

In any case, the indication obtained must be viewed only as a guide; any resulting action must be undertaken with proper engineering judgement.

3. Recommended basic method for interpreting gas analysis

3.1 Gases generated from oil

The basic diagnosis is founded upon the types and relative quantities of gases generated by decomposition of oil under various fault conditions; it will be appreciated that oil, either alone or as an impregnant, is present practically everywhere that a fault can arise in a large oil-filled transformer. The most significant gases generated by decomposition of oil are hydrogen (H_2), methane (CH_4), ethane (C_2H_6), ethylene (C_2H_4), and acetylene (C_2H_2).

Note. — The hydrocarbons quoted above are by no means the only ones generated; for example, C_3 hydrocarbons and C_4 hydrocarbons, are also formed; but experience to date has shown that a satisfactory diagnosis can be made without taking account of these gases, and in the interests of simplicity they have been omitted from the method of interpretation described below.