

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1181**

Première édition
First edition
1993-05

**Matériaux isolants imprégnés –
Application de l'analyse des gaz dissous (DGA)
lors d'essais en usine de matériels électriques**

**Impregnated insulating materials –
Application of dissolved gas analysis (DGA)
to factory tests on electrical equipment**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1181: 1993

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (IEV).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1181**

Première édition
First edition
1993-05

**Matériaux isolants imprégnés –
Application de l'analyse des gaz dissous (DGA)
lors d'essais en usine de matériels électriques**

**Impregnated insulating materials –
Application of dissolved gas analysis (DGA)
to factory tests on electrical equipment**

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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

J

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Echantillonnage de l'huile	8
3.1 Généralités	8
3.2 Récipients de prélèvement	10
3.3 Point d'échantillonnage	10
3.4 Fréquence d'échantillonnage	10
3.5 Identification des échantillons	10
3.6 Stockage des échantillons	10
4 Extraction et analyse des gaz dissous	12
5 Rapport	14
Annexe A – Considérations sur les dispositions à prendre lors des essais de matériel	16

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Oil sampling	9
3.1 General	9
3.2 Sample containers	11
3.3 Sampling location	11
3.4 Sampling frequency	11
3.5 Sample labelling	11
3.6 Sample storage	11
4 Dissolved gas extraction and analysis	13
5 Report	15
Annex A – Considerations on the arrangement of equipment tests	17

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX ISOLANTS IMPRÉGNÉS – APPLICATION DE L'ANALYSE DES GAZ DISSOUS (DGA) LORS D'ESSAIS EN USINE DE MATÉRIELS ÉLECTRIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des Comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des Comités d'Etudes, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure du possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 1181 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
10(BC)267	10(BC)275

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**IMPREGNATED INSULATING MATERIALS –
APPLICATION OF DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA)
TO FACTORY TESTS
ON ELECTRICAL EQUIPMENT**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of Standards, Technical Reports or Guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1181 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

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

DIS	Report on Voting
10(CO)267	10(CO)275

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

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Le comité d'études 10 de la CEI, en charge de la CEI 567, a préparé un guide concernant les mesures de DGA pendant les essais en usine afin d'assurer une certaine cohérence dans l'industrie et d'accroître la confiance dans l'utilisation des résultats.

Au cours de ces dernières années, un nombre croissant d'utilisateurs ont demandé que soient effectuées des analyses de gaz dissous (DGA) avant, pendant et après les essais en usine, sur les matériels électriques, pour détecter des défauts qui ne l'auraient pas été par les essais classiques. Plusieurs fabricants de matériels électriques ont inclus la DGA en tant que procédure normalisée de contrôle qualité.

Les essais d'échauffement, ceux au choc de foudre coupé, sont des exemples pour lesquels la DGA est utilisée afin de montrer que la conception satisfait bien aux exigences demandées. Des difficultés sont cependant apparues, dues à l'absence de procédures normalisées et de critères d'acceptation. Les critères d'interprétation donnés dans la CEI 599 ne peuvent s'appliquer, à cause des faibles quantités de gaz formées pendant les essais en usine.

La définition de critères d'acceptation n'est pas du ressort du CE 10. Il est cependant signalé que des directives d'acceptation, après les essais d'échauffement des grands transformateurs de puissance, ont été données par le comité d'études 12 de la CIGRE et sont publiées dans ELECTRA n° 82 – mai 1982 – pp. 31-46.

INTRODUCTION

IEC technical committee 10, responsible for IEC 567, has prepared guidelines for performing DGA measurements during factory testing in order to ensure consistency in the industry and improve the confidence with which the results will be used.

During the past several years an increasing number of users have requested dissolved gas analysis (DGA) before, during and after factory tests on electrical equipment in order to detect faults not obvious by conventional tests. Many manufacturers have included DGA as standard quality control procedures.

Temperature-rise tests and chopped lightning-impulse tests are examples where DGA is being used to prove that a design meets specified requirements. Difficulties have, however, been reported due to lack of standardized procedures and acceptance criteria. Due to the small quantities of gases generated during factory tests, the interpretation criteria given in IEC Publication 599 are not applicable.

Acceptance criteria are beyond the scope of TC 10. Attention is drawn, however, to guidelines for acceptance of heat run tests on large power transformers, issued by CIGRE Study Committee 12 and published in ELECTRA N° 82 – May 1982 – pp. 31-46.

MATÉRIAUX ISOLANTS IMPRÉGNÉS – APPLICATION DE L'ANALYSE DES GAZ DISSOUS (DGA) LORS D'ESSAIS EN USINE DE MATÉRIELS ÉLECTRIQUES

1 Domaine d'application et objet

Cette Norme internationale spécifie les modes opératoires d'échantillonnage des huiles, les exigences analytiques et les procédures, et recommande les critères de fidélité et de sensibilité pour l'application de l'analyse des gaz dissous (DGA) aux essais en usine des transformateurs de puissance, des bobines d'inductance et des transformateurs de mesure, dans le cas où le cahier des charges prévoit des essais de DGA.

La DGA est une technique qui permet de détecter certains types de défauts dans les matériels électriques remplis d'huile et qui ne pourraient l'être par les méthodes classiques.

L'application des techniques de DGA la plus utile et la plus efficace, au cours des essais en usine, est celle pratiquée pendant les essais de fonctionnement de longue durée, particulièrement les essais de surcharge et d'élévation de température des transformateurs de puissance et des bobines d'inductance, ainsi que les essais au choc de foudre coupé sur les transformateurs de mesure.

La DGA peut être aussi valable pour les essais de surexcitation effectués pendant une période de temps prolongée.

L'expérience acquise avec la DGA, avant et après les essais diélectriques de courte durée, montre que, normalement, elle est moins sensible et précise que les méthodes électriques de détection des défauts diélectriques. Cependant la DGA peut parfois être une source précieuse d'informations utiles sur un comportement anormal du matériel.

2 Références normatives

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 567: 1992, *Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques immergés, pour l'analyse des gaz libres et dissous*

3 Echantillonnage de l'huile

3.1 Généralités

L'échantillonnage de l'huile doit être réalisé en employant l'équipement et les méthodes tels qu'ils sont définis dans la CEI 567.

IMPREGNATED INSULATING MATERIALS – APPLICATION OF DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) TO FACTORY TESTS ON ELECTRICAL EQUIPMENT

1 Scope and object

This International Standard specifies oil-sampling procedures, analysis requirements and procedures and recommends sensitivity and precision criteria for the application of dissolved gas analysis (DGA) to factory testing of power transformers, reactors and instrument transformers when DGA testing has been specified.

DGA is a technique for detecting certain types of faults in oil-filled electrical equipment which may not be detected by conventional methods.

The most effective and useful application of DGA techniques to factory testing is during the performance of long-term tests, typically temperature-rise and overloading tests on power transformers and reactors, also chopped lightning-impulse tests on instrument transformers.

DGA may also be valuable for over-excitation tests run over an extended period of time.

Experience with DGA results, before and after short-time dielectric tests, indicates that DGA is normally less sensitive and accurate than electrical methods for detecting dielectric failures. However, DGA may sometimes be a valuable source of relevant information on abnormal equipment behaviour.

2 Normative references

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitutes provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 567: 1992, *Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*

3 Oil sampling

3.1 General

Sampling of oil shall be carried out using apparatus and methods complying with IEC 567.

Il est recommandé que les échantillons soient prélevés par du personnel qualifié, habitué à travailler selon la CEI 567.

Les échantillons doivent être doublés (échantillon d'essai et échantillon de réserve).

3.2 *Récipients de prélèvement*

Une seringue en verre, étanche au gaz, de volume convenable, équipée d'un robinet d'échantillonnage à trois voies est le récipient le plus approprié. Une ampoule de prélèvement métallique ou en verre, ou une bouteille, conformes à la CEI 567 peuvent être une alternative acceptable.

3.3 *Point d'échantillonnage*

Les échantillons d'huile doivent être représentatifs de toute la masse d'huile de l'appareil. Pour cela, les échantillons doivent être prélevés dans le flux d'huile principal; les points hors de ce flux principal doivent être écartés. Il est recommandé de laisser couler au moins 2 l d'huile avant l'échantillonnage.

NOTE - Ces dispositions ne sont pas applicables aux matériels électriques de faible volume d'huile.

3.4 *Fréquence d'échantillonnage*

Indépendamment du type d'essai et de sa durée, les échantillons d'huile pour la DGA doivent être prélevés avant le début et après la fin de l'essai.

Il convient que des échantillons intermédiaires soient prélevés pendant l'essai, suivant sa durée et sa nature, car ils peuvent contribuer à améliorer la fidélité des résultats et la fiabilité de l'interprétation.

Si le système de refroidissement de l'appareil en essai est équipé de pompes de circulation de l'huile, il convient qu'elles soient mises en route 2 h avant de prélever le premier échantillon d'huile et qu'elles soient maintenues en marche jusqu'au dernier échantillon, sauf pendant la période d'essai qui exige l'arrêt de ces pompes.

3.5 *Identification des échantillons*

Il convient que les échantillons d'huile soient convenablement identifiés avant d'être expédiés au laboratoire, en donnant au moins les informations suivantes :

- identification du matériel;
- date de l'échantillonnage et durée de l'essai;
- nature de l'essai en usine;
- point de prélèvement;
- température de l'huile.

3.6 *Stockage des échantillons*

Pour éviter l'oxydation de l'huile, les échantillons doivent être protégés de la lumière, en enveloppant le récipient avec une feuille d'aluminium, ou en le conservant dans un endroit à l'abri de la lumière.

It is recommended that samples be taken by qualified personnel, trained to operate in accordance with IEC 567.

Samples shall be taken in duplicate (test sample and spare sample).

3.2 *Sample containers*

The most appropriate container is a gas-tight glass syringe of suitable capacity and fitted with a three-way sampling cock. A glass, or metal sampling tube, or bottle conforming to IEC 567 are acceptable alternatives.

3.3 *Sampling location*

Oil samples shall be representative of the bulk of the oil in the equipment. Oil samples shall be taken from the main oil stream; points outside the main oil stream shall be disregarded. Draining of at least 2 l of the oil is recommended before sampling.

NOTE - These provisions are not applicable to small oil volume electrical equipment.

3.4 *Sampling frequency*

Irrespective of the type and duration of the test, oil samples for DGA shall be taken before the test commences and after the conclusion of the test.

Intermediate samples should be taken during the test depending on its duration and nature as they may be essential to improve the precision of the data and the reliability of their evaluation.

If the cooling system of the tested unit includes oil pumps, they should be operated 2 h before the first oil sample is taken and kept running until the last oil sample is taken except for the period the test conditions require the pumps off.

3.5 *Sample labelling*

Oil samples should be properly labelled before dispatch to the laboratory with the following minimum information:

- identification of equipment;
- date of sampling and elapsed test time;
- nature of factory test;
- sampling point;
- oil temperature.

3.6 *Sample storage*

To prevent oxidation the samples shall be shielded from direct light by wrapping the container in aluminium foil or by storing in an opaque enclosure.

4 Extraction et analyse des gaz dissous

Il convient d'extraire et d'analyser les gaz dissous par chromatographie en phase gazeuse, selon la CEI 567, à ceci près que les seuils de sensibilité de la méthode doivent être ceux donnés dans le tableau 1.

Il convient d'analyser les échantillons dès que possible après leur prélèvement et, en aucun cas, au-delà de sept jours après ce prélèvement.

Tableau 1 – Seuils de détection exigés pour les essais en usine

Gaz	Concentrations	
	µl/l	µmol/l
Hydrogène	2	0,08
Hydrocarbures	0,1	0,004
Monoxyde de carbone	5	0,2
Dioxyde de carbone	10	0,4
Oxygène	50	2,1
Azote	50	2,1

En plus des seuils suffisants de sensibilité, il est nécessaire d'avoir une très bonne fidélité, afin de se prémunir contre de fausses interprétations de résultats qui occasionneraient des frais importants et des pertes de temps. Il en résulte qu'il est essentiel que tous les échantillons soient analysés par le même laboratoire (qui peut être le laboratoire du fabricant), utilisant un personnel très qualifié et entraîné. Il est également recommandé que la fidélité de la méthode utilisée dans le laboratoire soit contrôlée régulièrement, en effectuant des mesures de répétabilité. Les critères de répétabilité exigés, dans le cas de faibles concentrations en gaz, tels qu'ils furent établis par un essai interlaboratoire, reposent sur la formule ci-après:

$$|A-B| < 2 S + 0,15 \frac{(A+B)}{2}$$

où

S est le seuil de détection exigé

A et B sont deux mesures indépendantes à comparer

La détection de très faibles différences de concentrations entre les échantillons prélevés au début et à la fin de l'essai est le but final de l'analyse des gaz dissous. Ces différences sont significatives seulement si elles sont plus grandes que la répétabilité de la méthode globale.

Pour accroître la confiance dans l'évaluation de l'essai, une méthode efficace repose sur le calcul des vitesses de formation des gaz, à partir de la pente de la droite de régression qui s'adapte le mieux à tous les résultats obtenus avant, pendant et à la fin de l'essai.

4 Dissolved gas extraction and analysis

The dissolved gas should be extracted and analysed by gas chromatography in accordance with IEC 567 except that the sensitivity levels of the overall determination shall be as given in table 1.

The samples should be analysed as soon as possible after being taken and in no case later than seven days afterwards.

Table 1 – Required detection levels for factory tests

Gas	Concentrations	
	µl/l	µmol/l
Hydrogen	2	0,08
Hydrocarbons	0,1	0,004
Carbon monoxide	5	0,2
Carbon dioxide	10	0,4
Oxygen	50	2,1
Nitrogen	50	2,1

In addition to adequate sensitivity levels, very good precision is necessary to prevent misinterpretation of results at some considerable expense and loss of time. Consequently, it is essential for all samples to be analysed by the same laboratory (possibly at the manufacturer's laboratory) using highly-trained qualified personnel. It is also recommended that the laboratory precision be regularly monitored by performing repeatability measurements. Required criteria for repeatability for low gas concentrations, as derived from an interlaboratory exercise, are as follows:

$$|A-B| < 2 S + 0,15 \frac{(A+B)}{2}$$

where

S is the required detection level

A and B are two independent measurements being compared

The ultimate objective of the DGA determinations is the detection of very small differences between the initial and the final samples. A calculated difference is significant, only if it is larger than the repeatability of the whole procedure.

An effective method for improving the confidence in the evaluation is the calculation of gas generation rates from the slope of the regression line which best fits all the results taken before, during and at the end of the test.

5 Rapport

Il convient que les informations ci-après figurent dans le rapport:

- nom du laboratoire d'essai;
- identification du matériel en essai;
- points de prélèvement;
- résultats de la DGA sur chaque échantillon, exprimés en $\mu\text{l/l}$ ou en $\mu\text{mol/l}$ (le volume total de gaz, l'oxygène et l'azote peuvent être exprimés, sans inconvénient, en pourcentage de volume d'huile);
- vitesse de formation de chaque gaz, en $\mu\text{l/l.h}$, calculée de préférence à partir de la meilleure droite ajustée aux données.

5 Report

The report should include the following information:

- testing laboratory;
- identification of equipment on test;
- sampling location;
- DGA results on each sample, in $\mu\text{l/l}$ or $\mu\text{mol/l}$ (total volume of gas, oxygen and nitrogen may conveniently be expressed in percent of oil volume);
- rate of generation of gases in $\mu\text{l/l.h}$, preferably calculated from the best fit line for the data.