

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
61464**

Première édition
First edition
1998-08

Traversées isolées –

**Guide d'interprétation de l'analyse
des gaz dissous (AGD) dans les traversées
où l'huile est l'imprégnant de l'isolation principale
(papier généralement)**

Insulated bushings –

**Guide for the interpretation of dissolved gas
analysis (DGA) in bushings where oil is
the impregnating medium of the main insulation
(generally paper)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61464:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er 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* (VEI).

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.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 2**

**TECHNICAL
REPORT – TYPE 2**

**CEI
IEC**

61464

Première édition
First edition
1998-08

Traversées isolées –

**Guide d'interprétation de l'analyse
des gaz dissous (AGD) dans les traversées
où l'huile est l'imprégnant de l'isolation principale
(papier généralement)**

Insulated bushings –

**Guide for the interpretation of dissolved gas
analysis (DGA) in bushings where oil is
the impregnating medium of the main insulation
(generally paper)**

© IEC 1998 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives.....	12
3 Interprétation des résultats d'analyse des gaz dissous (AGD) des traversées à l'huile.....	14
3.1 Gaz produits par la décomposition de l'huile et du papier	14
3.2 Gaz-clés, concentrations et rapports de concentrations des gaz	16
3.3 Méthode d'interprétation des résultats d'analyse des gaz dissous	18
4 Rapport des résultats	20
Figure 1.....	24
Annexe A (informative) Méthode de prélèvement d'huile.....	26

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 61464:1998

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Interpretation of results of dissolved gas analysis (DGA) of oil-impregnated bushings	15
3.1 Gases generated from the decomposition of oil and paper	15
3.2 Key gases, gas concentrations and ratios	17
3.3 Method of interpretation of dissolved gas analysis results	19
4 Report of results	21
Figure 1.....	25
Annex A (informative) Oil sample technique	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVERSÉES ISOLÉES –

Guide d'interprétation de l'analyse des gaz dissous (AGD) dans les traversées où l'huile est l'imprégnant de l'isolation principale (papier généralement)

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'études, 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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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 possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATED BUSHINGS –

**Guide for the interpretation of dissolved gas analysis (DGA)
in bushings where oil is the impregnating medium of
the main insulation (generally paper)**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 61464, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 36A: Traversées isolées, du comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
36A/61/CDV	36A/66/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des documents techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des *Directives ISO/CEI*) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des traversées isolées, car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

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

Le contenu du corrigendum de janvier 2003 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61464-1:1998

IEC 61464, which is a technical report of type 2, has been prepared by subcommittee 36A: Insulated bushings, of IEC technical committee 36: Insulators.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
36A/61/CDV	36A/66/RVC

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

This document is being issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the *ISO/IEC Directives*) as a “prospective standard for provisional application” in the field of insulated bushings because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This technical report is not to be regarded as an “International Standard”. It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for another three years, conversion into an International Standard or withdrawal.

Annex A is for information only.

The contents of the corrigendum of January 2003 have been included in this copy.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61464:1998

INTRODUCTION

Dans les traversées à huile et papier imprégné, des gaz peuvent être produits en raison:

- des méthodes de fabrication;
- du vieillissement normal;
- mais aussi, à plus grande échelle, en raison de contraintes thermiques et/ou électriques excessives, qui peuvent conduire à l'apparition d'un défaut.

Il est souhaitable de détecter un défaut au premier stade de son développement de manière à prévenir tout endommagement important de la traversée et de l'appareil à laquelle elle est raccordée.

Quand un défaut n'est pas important, les gaz produits seront normalement dissous dans l'huile, une petite quantité d'entre eux pouvant à la longue diffuser de la phase liquide vers la phase gazeuse en partie supérieure. L'extraction des gaz dissous à partir d'un échantillon d'huile et la détermination de la nature et de la concentration de ces gaz constituent un moyen de détection de tels défauts; le type et l'importance d'un défaut peuvent souvent être déduits de la composition des gaz et de la vitesse à laquelle ils sont produits.

L'analyse des gaz dissous (AGD) est une technique de détection de certaines catégories de défauts affectant des appareils à remplissage d'huile qui ne peuvent être facilement mis en évidence par d'autres méthodes conventionnelles. Elle constitue parfois une intéressante source d'informations suite à l'exploitation d'équipements ou de réseaux dans des conditions anormales.

Dans les cas de

- échauffement localisé,
- décharges partielles et/ou
- décharges d'arcs,

les produits gazeux de décomposition de l'huile et de l'isolation solide apparaissent avec une empreinte caractéristique. La composition de ces gaz dépend principalement des matériaux impliqués, de la température atteinte et de l'énergie disponible pour décomposer les matériaux.

Les règles pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous dans le cas des transformateurs de puissance et d'autres matériels électriques remplis d'huile sont définies dans la CEI 60599.

Le rapport quantitatif huile/papier étant différent entre les traversées à huile et les transformateurs, la publication CEI 60599 ne peut être directement appliquée.

L'importance des techniques d'analyse des gaz dissous pour les traversées a donc conduit à la préparation de ce rapport technique de type 2.

Outre l'interprétation des résultats d'AGD, des procédures d'échantillonnage de l'huile dans les traversées à l'huile et au papier imprégné sont données afin de respecter des exigences spécifiques. Ces procédures sont décrites dans l'annexe A.

Ce rapport technique de type 2 indique comment il convient d'interpréter les concentrations des gaz dissous pour diagnostiquer l'état des traversées. Il est établi sur la base d'une étude statistique de plus de 500 traversées ayant jusqu'à 35 ans de service et recouvrant huit constructeurs différents, qui n'ont pas montré de signes de défauts en exploitation.

INTRODUCTION

In oil-filled and impregnated paper bushings gases may be formed due to:

- manufacturing process techniques;
- normal ageing;
- but also, to a much greater extent, as a result of thermal and/or electrical overstress, which may lead to the development of a fault.

It is valuable to detect a fault at an early stage of its development to prevent serious damage of the bushing and the equipment to which it is connected.

Where a fault is not severe, the gases formed will normally dissolve in the oil with a small proportion eventually diffusing from the liquid into any gas phase above it. Extracting dissolved gas from a sample of the oil and determining the amount and composition of this gas is a means of detecting such faults and the type and severity of any faults may often be inferred from the composition of the gas and the rate at which it is formed.

The dissolved gas analysis (DGA) is a technique for detecting certain types of faults in oil filled equipment which may not easily be detected by other conventional methods. It may sometimes be a valuable source of relevant information on abnormal equipment or system operation.

In the event of

- local overheating,
- partial discharge and/or
- arc discharge,

gaseous decomposition products of the oil and of the solid insulation are formed with a characteristic composition. The composition of gases basically depends on the materials involved, as well as on the temperature reached and the energy available to decompose the materials.

Rules for interpretation of DGA for power transformers and other oil-filled electrical equipment is the subject of IEC 60599.

Due to the fact that the ratio of oil to paper in oil impregnated bushings is different to that of transformers, IEC 60599 cannot be applied directly.

The importance of DGA techniques for bushings has consequently led to the preparation of this technical report type 2.

Besides the interpretation of the DGA results, procedures for the oil sampling from oil-filled and impregnated paper bushings are given due to specific requirements. The procedures are described in annex A.

This technical report type 2 describes how the concentrations of dissolved gases may be interpreted to diagnose the condition of the bushings. It is based on a statistical evaluation of more than 500 bushings in service for up to 35 years belonging to eight different manufacturers and which did not give any cause for suspicion when in operation.

Hormis les concentrations en gaz, les rapports de concentration de certains d'entre eux sont utilisés pour diagnostiquer l'état des traversées. Les rapports recommandés ont également été établis à partir d'essais en laboratoire de simulation de décharges partielles et de points chauds.¹⁾

Le but de l'AGD est de détecter un défaut naissant dans les traversées à l'huile au premier stade du développement de manière à éviter une défaillance. L'AGD permet de déceler certains types de défauts et défaillances qui ne sont pas facilement mis en évidence par des mesures électriques.

L'analyse des gaz dissous est une méthode d'estimation de l'état des traversées. Il convient d'obtenir des informations complémentaires par des essais électriques (par exemple mesures de capacité, tangente delta ou décharges partielles) pour appuyer le diagnostic.

Les techniques de laboratoire pour l'extraction des gaz de l'huile et l'analyse chromatographique sont données dans la CEI 60567.

¹⁾ Résultats publiés dans *Electra*, **42**, oct. 1975, p. 31–52.

Besides the gas concentrations, ratios of certain gas concentrations are used for the diagnosis of the status of the bushings. The recommended ratios are also based on laboratory models with simulation of partial discharge and hot spots.¹⁾

The role of DGA is to detect an incipient fault in oil-impregnated paper bushings at an early stage in order to prevent failure. The DGA can detect certain types of incipient failure and faults which are not easily detectable by electrical tests.

Dissolved gas analysis is one method of assessing the condition of a bushing. Additional information should be obtained from electrical tests (e.g. capacitance, tangent delta or partial discharge measurement) to support the diagnosis.

Laboratory techniques for the extraction of gases from the oil samples and for the chromatography analysis are given in IEC 60567.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 61464:1998

¹⁾ Results published in *Electra* **42**, October 1975, p. 31–52.

TRAVERSÉES ISOLÉES –

Guide d'interprétation de l'analyse des gaz dissous (AGD) dans les traversées où l'huile est l'imprégnant de l'isolation principale (papier généralement)

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique donne des orientations pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous (AGD), établies pour les traversées en service où l'isolation principale (généralement du papier) est imprégnée avec de l'huile minérale conforme à la CEI 60296.

Ce rapport technique est applicable aux traversées en service à isolation huile/papier imprégné.

Il convient d'appliquer avec précaution la méthode à d'autres types de matériaux, comme les hydrocarbures synthétiques à base de dodécylbenzène définis dans la CEI 60867, jusqu'à ce qu'un complément d'expérience soit acquis.

Il convient de considérer l'information obtenue à partir de l'interprétation d'une analyse des gaz dissous sur un échantillon d'huile prélevé dans une traversée comme un guide, et il est recommandé que toute action à entreprendre soit décidée en tenant compte des impératifs d'exploitation.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. 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 le présent rapport technique 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 tiennent à jour le registre des normes internationales en vigueur.

CEI 60137:1995, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

CEI 60296:1982, *Spécifications des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 60567:1992, *Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques immergés, pour l'analyse des gaz libres et dissous*

CEI 60599:1978, *Interprétation de l'analyse des gaz dans les transformateurs et autres matériels électriques remplis d'huile en service*¹⁾

CEI 60867:1993, *Isolants liquides – Spécifications pour liquides neufs à base d'hydrocarbures aromatiques de synthèse*

¹⁾ Deuxième édition à publier.

INSULATED BUSHINGS –

Guide for the interpretation of dissolved gas analysis (DGA) in bushings where oil is the impregnating medium of the main insulation (generally paper)

1 Scope

This technical report gives guidance for the interpretation of dissolved gas analysis (DGA) which has been developed for bushings, in service, where the main insulation (generally paper) is impregnated with mineral insulating oil according to IEC 60296.

This technical report is applicable to oil-filled and impregnated paper bushings in service.

Until further experience has been gained, the methods should be applied with caution in relation to other materials, e.g. synthetic hydrocarbons based on dodecylbenzene, according to IEC 60867.

The indication obtained by the interpretation of a dissolved gas analysis of an oil sample taken out of a bushing should be viewed as a guide and any resulting action should be undertaken with proper engineering judgement.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this technical report. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision and parties to agreements based on this technical report are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents listed below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60137:1995, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60567:1992, *Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*

IEC 60599:1978, *Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service*¹⁾

IEC 60867:1993, *Insulating liquids – Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons*

¹⁾ Second edition to be published.

3 Interprétation des résultats d'analyse des gaz dissous (AGD) des traversées à l'huile

3.1 Gaz produits par la décomposition de l'huile et du papier

Dans les conditions normales d'exploitation, les pertes dans les conducteurs et les contraintes électriques induisent la production de gaz par décomposition de l'huile et du papier. La décomposition thermique de l'huile et du papier à des températures modérées peut également produire des gaz. Les gaz produits par la décomposition de l'huile dans les conditions normales sont l'hydrogène (H_2), le méthane (CH_4), l'éthane (C_2H_6) et l'éthylène (C_2H_4). Les gaz produits par la décomposition des matériaux cellullosiques sont le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO_2).

Les causes principales d'une production anormale de gaz dans les traversées en service sont les défauts électriques et thermiques.

Dans une configuration de défaut, les gaz mentionnés précédemment qui sont produits dans les conditions normales d'opération, parviennent à des concentrations plus élevées. En plus de ces gaz, l'acétylène (C_2H_2) peut apparaître.

Quand l'intensité du défaut croît, la proportion de concentrations en hydrocarbures insaturés (principalement C_2H_4 et C_2H_2) croît.

Dans le cas des défauts impliquant l'isolation cellullosique, les gaz-clés produits sont le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO_2). Quand l'intensité du défaut thermique croît, le pourcentage de concentrations en CO et CO_2 peut augmenter.

Le diagnostic d'état de la traversée est établi d'après le type et la concentration des gaz produits par décomposition de l'huile et du papier en vieillissement normal et en présence de défauts variés, et d'après les rapports de concentrations obtenus.

Les gaz caractéristiques définis comme gaz-clés sont répertoriés dans le tableau 1 ainsi que les types de défauts rencontrés dans les traversées.

Les hydrocarbures mentionnés sont ceux le plus communément repris dans les analyses de gaz dissous. Les hydrocarbures en C_3 ou C_4 sont également formés, mais ils n'ont pas été considérés dans la base de données dont est issu ce rapport.

Tableau 1 – Défauts caractéristiques rencontrés dans les traversées

Cas n°	Gaz-clés produits	Exemples caractéristiques	Défauts caractéristiques
1	H_2 , CH_4	Décharges dans des cavités gazeuses résultant d'une imprégnation incomplète ou d'une teneur en eau élevée	Décharges partielles
2	C_2H_4 , C_2H_2	Amorçages en continu dans l'huile dus à de mauvaises connexions à des potentiels différents	Décharges de haute énergie
3	H_2 , C_2H_2	Amorçages intermittents impliquant des pièces à potentiel flottant ou décharges transitoires	Décharges de faible énergie
4	C_2H_4 , C_2H_6	Surchauffe d'un conducteur dans l'huile	Défaut thermique dans l'huile
5	CO, CO_2	Surchauffe d'un conducteur en contact avec du papier; surchauffe due à des pertes diélectriques	Défaut thermique impliquant le papier

3 Interpretation of results of dissolved gas analysis (DGA) of oil-impregnated bushings

3.1 Gases generated from the decomposition of oil and paper

In normal operation conductor losses and electrical stress produce gases from the decomposition of oil and paper. Thermal decomposition of oil and paper at moderate temperatures may also produce gases. The gases produced by the decomposition of the oil under normal operating conditions are hydrogen (H_2), methane (CH_4), ethane (C_2H_6) and ethylene (C_2H_4). The gases produced by the decomposition of the cellulosic material are carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO_2).

The main causes of abnormal gas generation within bushings in service, are thermal and electrical defects.

Under fault conditions, the above-mentioned gases, which are produced under normal operation, are generated at a higher concentration level. In addition to these, the gas acetylene (C_2H_2) may be produced.

As the fault intensity increases the percentage concentrations of unsaturated hydrocarbons (chiefly C_2H_4 and C_2H_2) increase.

For faults involving cellulosic material, the key gases produced are carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO_2). As the thermal fault intensity increases, the percentage concentrations of CO and CO_2 may increase.

The diagnosis to determine the state of the bushing is based on the types of gases and gas concentrations generated by decomposition of oil and paper under normal ageing and various fault conditions and ratios of the gas concentrations.

The characteristic gases generated defined as key gases are categorized in table 1 together with the range of faults occurring in bushings.

The hydrocarbons quoted are those most commonly used in dissolved gas analysis. C_3 hydrocarbons and C_4 hydrocarbons are also formed but were not included in the database from which this report was produced.

Table 1 – Typical faults occurring in bushings

Case No.	Key gases generated	Typical examples	Characteristic faults
1	H_2 , CH_4	Discharges in gas-filled cavities resulting from incomplete impregnation or high humidity	Partial discharge
2	C_2H_4 , C_2H_2	Continuous sparking in oil between bad connections of different potentials	Discharge of high energy
3	H_2 , C_2H_2	Intermittent sparking due to floating potentials or transient discharges	Discharge of low energy
4	C_2H_4 , C_2H_6	Conductor overheating in oil	Thermal fault in oil
5	CO, CO_2	Overheating of conductor in contact with paper; overheating due to dielectric losses	Thermal fault in paper

3.2 Gaz-clés, concentrations et rapports de concentrations des gaz

La technique d'analyse des gaz dissous dans l'huile doit répondre aux spécifications de la CEI 60567.

Les résultats de l'analyse des gaz dissous servent à donner une indication sur l'état de la traversée au moment du prélèvement.

Les résultats d'une analyse des gaz dissous doivent faire apparaître les informations suivantes:

Partie 1: concentrations des gaz-clés

Il convient d'y inclure au moins les composés suivants: H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , CO , CO_2 .

Partie 2: rapports significatifs de concentrations de gaz

L'interprétation des résultats de l'AGD dans ce rapport technique est établi sur la base des rapports de concentrations suivants:

- C_2H_2/C_2H_4 ;
- C_2H_4/C_2H_6 ;
- H_2/CH_4 ;
- CO_2/CO et
- C_2H_2/H_2 .

3.2.1 Concentration normale des gaz-clés

Les gaz sont présents dans les traversées à isolation papier/huile à la suite de:

- procédés de fabrication;
- vieillissement des matériaux de la traversée;
- défaut latent.

Les concentrations en gaz sont considérées comme significatives si elles dépassent les valeurs normales données dans le tableau 2.

Tableau 2 – Concentrations normales des gaz

Type de gaz	Concentrations μl gaz/l d'huile
Hydrogène (H_2)	140
Méthane (CH_4)	40
Ethylène (C_2H_4)	30
Ethane (C_2H_6)	70
Acétylène (C_2H_2)	2
Monoxyde de carbone (CO)	1 000
Dioxyde de carbone (CO_2)	3 400

3.2 Key gases, gas concentrations and ratios

The technique for analysis of the dissolved gases in the oil shall comply with the requirements of IEC 60567.

Dissolved gas analysis results are used to give an indication of the bushing condition at the time of sampling.

The results of a dissolved gas analysis shall contain the following information:

Part 1: concentrations of key gases

This should include at least the following: H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , CO , CO_2 .

Part 2: Significant ratios of gas concentrations

The interpretation of the DGA results in this technical report is based on the following ratios:

- C_2H_2/C_2H_4 ;
- C_2H_4/C_2H_6 ;
- H_2/CH_4 ;
- CO_2/CO and
- C_2H_2/H_2 .

3.2.1 Normal concentration of key gases

Gases are present within an oil-impregnated paper bushing as a result of:

- manufacturing processes;
- ageing of the bushing materials;
- a consequence of an incipient fault.

The gas concentrations are to be considered as significant if they exceed the normal gas concentrations given in table 2.

Table 2 – Normal gas concentrations

Type of gas	Concentrations μl gas/l oil
Hydrogen (H_2)	140
Methane (CH_4)	40
Ethylene (C_2H_4)	30
Ethane (C_2H_6)	70
Acetylene (C_2H_2)	2
Carbon monoxide (CO)	1 000
Carbon dioxide (CO_2)	3 400

Les concentrations normales de gaz sont les valeurs à 95 % sur les courbes de distribution des concentrations obtenues d'après l'exploitation de la base de données AGD citée dans l'introduction.

Pour les traversées en contact avec des appareillages isolés au SF₆, des fuites de ce gaz vers la traversée peuvent induire une erreur dans la détermination de la teneur en hydrogène. Quand ce phénomène est suspecté, il convient de prendre garde à bien différencier les deux gaz lors de l'analyse.

3.2.2 Valeurs significatives des rapports de concentrations des gaz

Les rapports suivants sont pris en compte pour l'interprétation des résultats d'AGD, afin d'obtenir une indication de l'état de la traversée.

Tableau 3 – Valeurs significatives des rapports de concentrations des gaz

Rapport	Valeur	Défaut caractéristique selon le tableau 1
H ₂ /CH ₄	>13	Décharges partielles, cas 1
C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	>1	Défaut thermique dans l'huile, cas 4
C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	>1	Décharges, cas 2 et 3
CO ₂ /CO	>20 ou <1	Défaut thermique dans le papier, cas 5
NOTE 1 Un rapport C ₂ H ₂ /H ₂ > 1 peut être considéré comme une indication de décharge de forte énergie (amorçage, cas 2).		
NOTE 2 Un rapport H ₂ /ΣC _n H _m > 30 (n=1,2; m=2,4,6) peut être dû à une production d'hydrogène par les matériaux et peut donc ne pas être significatif d'un défaut électrique.		

Les valeurs données sont issues de l'étude statistique évoquée dans l'introduction de ce rapport. Tant qu'une expérience complémentaire n'a pas été acquise par l'AGD sur des traversées en défaut, il convient d'utiliser ces rapports avec prudence.

3.3 Méthode d'interprétation des résultats d'analyse des gaz dissous

Le tableau 4 donne un organigramme qui résume les actions à entreprendre suite à un échantillonnage et les étapes à suivre.

Il est recommandé de suivre les étapes décrites au tableau 4 pour l'interprétation de l'analyse des gaz.

Après l'analyse des échantillons d'huile prélevés sur des traversées en service, la première étape est de comparer les concentrations des gaz-clés avec celles données au tableau 2.

Les étapes ultérieures sont:

- si aucun des gaz ne dépasse les concentrations normales, l'AGD n'indique aucun défaut latent. Il convient de stocker les valeurs dans une base de données avec toutes les informations disponibles sur la traversée et l'appareil sur lequel elle est montée;
- si un des gaz au moins dépasse les concentrations normales données au tableau 2, il convient de calculer les rapports du tableau 3. Cependant, seuls doivent être évalués les rapports qui incluent au moins un des gaz dont la concentration dépasse les limites du tableau 2. Le chemin alors à suivre dépend de la concentration en acétylène (C₂H₂).

The normal gas concentrations were established as the 95 % cumulative distribution value of the gas concentrations from the evaluation of the available DGA databank mentioned in the introduction.

For bushings used in conjunction with SF₆ filled equipment, leakage of the gas into the bushing may give a false indication of the hydrogen content. Where this is suspected, care should be taken to discriminate between the two gases.

3.2.2 Significant ratios of the gas concentrations

The following ratios are to be considered for the interpretation of DGA results to give an indication of the bushing condition.

Table 3 – Significant ratios of gas concentrations

Ratio	Value	Characteristic fault according to table 1
H ₂ /CH ₄	>13	Partial discharge, case 1
C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	>1	Thermal fault in oil, case 4
C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	>1	Discharges, cases 2 and 3
CO ₂ /CO	>20 or <1	Thermal fault in paper, case 5
NOTE 1 The ratio of C ₂ H ₂ /H ₂ >1 may be used as an indication of high-energy discharge (arcing, case 2).		
NOTE 2 A ratio of H ₂ /ΣC _n H _m > 30 (n=1,2; m=2,4,6) may indicate generation of hydrogen caused by material influence and may not indicate an electrical failure.		

The values given are derived from the statistical evaluation mentioned in the introduction to this report. Until further experience is gained by the analysis of DGA of bushings versus the result of faulty bushings, these ratios should be used with caution.

3.3 Method of interpretation of dissolved gas analysis results

Table 4 shows a flow chart summarizing the actions to be followed when taking an oil sample and the steps to be followed thereafter.

It is recommended that the interpretation of gas analyses follow the steps described in table 4.

Following the analysis of individual samples of oil taken from bushings in service, the first step is to compare the concentration of the constituent key gases with those given in table 2.

The further steps are as follows:

- if no gases exceed the normal gas concentrations the DGA does not indicate any incipient fault. The data should be stored in a database together with available information on the bushing and apparatus on which it is mounted;
- if one or more gases exceed the normal gas concentrations given in table 2 the significant ratios in table 3 should be calculated. However, only ratios that include at least one gas with concentration above the limits in table 2 shall be assessed. The route for further actions depends on the concentration of acetylene (C₂H₂).

Concentration en acétylène <2 µl/l

- Si un cas de décharge partielle est détecté (cas 1, tableau 1), il convient d'augmenter la fréquence d'échantillonnage et de prendre contact avec le constructeur.
- Si un défaut thermique est indiqué (cas 4 et 5, tableau 1), il convient d'augmenter la fréquence d'échantillonnage. Si les gaz dont les concentrations dépassent les valeurs données au tableau 2 augmentent, il convient de prendre contact avec le constructeur. Si les concentrations en gaz restent stables, il convient de réduire la fréquence d'échantillonnage.
- Si aucun cas de décharge partielle ou défaut thermique n'est indiqué, il convient de continuer l'échantillonnage. Si les concentrations en gaz restent stables, aucune action complémentaire n'est nécessaire. Si les concentrations en gaz augmentent, il convient de prendre contact avec le constructeur.

Concentration en acétylène >2 µl/l (tableau 1, cas 2 et 3)

- Dans tous les cas où la concentration en acétylène dépasse 2 µl/l, l'analyse indique la présence d'amorçages qui peuvent endommager le matériel. Il convient donc de prendre contact avec le constructeur et d'entreprendre immédiatement une action correctrice.
- Si l'augmentation de la concentration en gaz est rapide, il convient de procéder immédiatement à un échantillonnage de contrôle et de prendre contact avec le constructeur. Une augmentation rapide de la concentration indique un défaut plus important.

Il convient de considérer comme un guide les renseignements tirés de l'interprétation de l'analyse des gaz dissous d'un échantillon d'huile prélevé sur une traversée; toute action résultante doit être entreprise compte tenu des impératifs d'exploitation et après des essais électriques conformément à la CEI 60137.

4 Rapport des résultats

Le rapport doit contenir les informations décrivant la traversée, l'appareil sur lequel elle est montée et l'échantillon y compris ce qui suit:

- **Traversée:**
 - constructeur;
 - type;
 - numéro de série de la traversée;
 - tension nominale et courant assigné;
 - numéro de phase;
 - type d'huile.
- **Appareil:**
 - constructeur/année de fabrication;
 - type;
 - numéro de série.
- **Echantillons** (voir aussi article A.5 de l'annexe A)
 - date d'échantillonnage;
 - motif d'échantillonnage;
 - lieu de prélèvement;
 - date de l'analyse.

Concentration of acetylene <2 µl/l

- If a partial discharge fault is indicated (case 1, table 1), the frequency of sampling should be increased and the manufacturer should be contacted.
- If a thermal fault (case 4 and 5, table 1) is indicated, the frequency of sampling should be increased. If the gases, with gas concentrations above the concentrations given in table 2, increase, contact the manufacturer. If the gas concentration remains constant, decrease the sampling frequency again.
- If neither partial discharge nor thermal fault is indicated continue to sample. If the gas concentrations remain constant no further action is necessary. If the gas concentrations increase, contact the manufacturer.

Concentration of acetylene >2 µl/l (table 1, cases 2 and 3)

- In all cases when the concentration of acetylene exceeds 2 µl/l the analysis indicates potentially damaging discharge. Thus, the manufacturer should be contacted and immediate action is recommended.
- If increase in gas concentration is rapid, immediate action should be taken to obtain a check sample and to contact the manufacturer for advice. A rapid increase of gas concentration indicates a more serious fault.

The indication obtained by the interpretation of a dissolved gas analysis of an oil sample taken out of a bushing should be viewed as a guide and any resulting action shall be undertaken with proper engineering judgement and after additional electrical tests according to IEC 60137.

4 Report of results

The report shall contain information describing the bushing, the apparatus on which it is mounted and the sample including the following:

- **Bushing:**
 - manufacturer;
 - type;
 - serial number of bushing;
 - nominal voltage and rated current;
 - phase position;
 - oil type.
- **Equipments:**
 - manufacturer/year;
 - type;
 - serial number.
- **Samples** (see also clause A.5 of annex A)
 - sampling date;
 - reason for sampling;
 - sampling position;
 - analysis date.

Tableau 4 – Organigramme

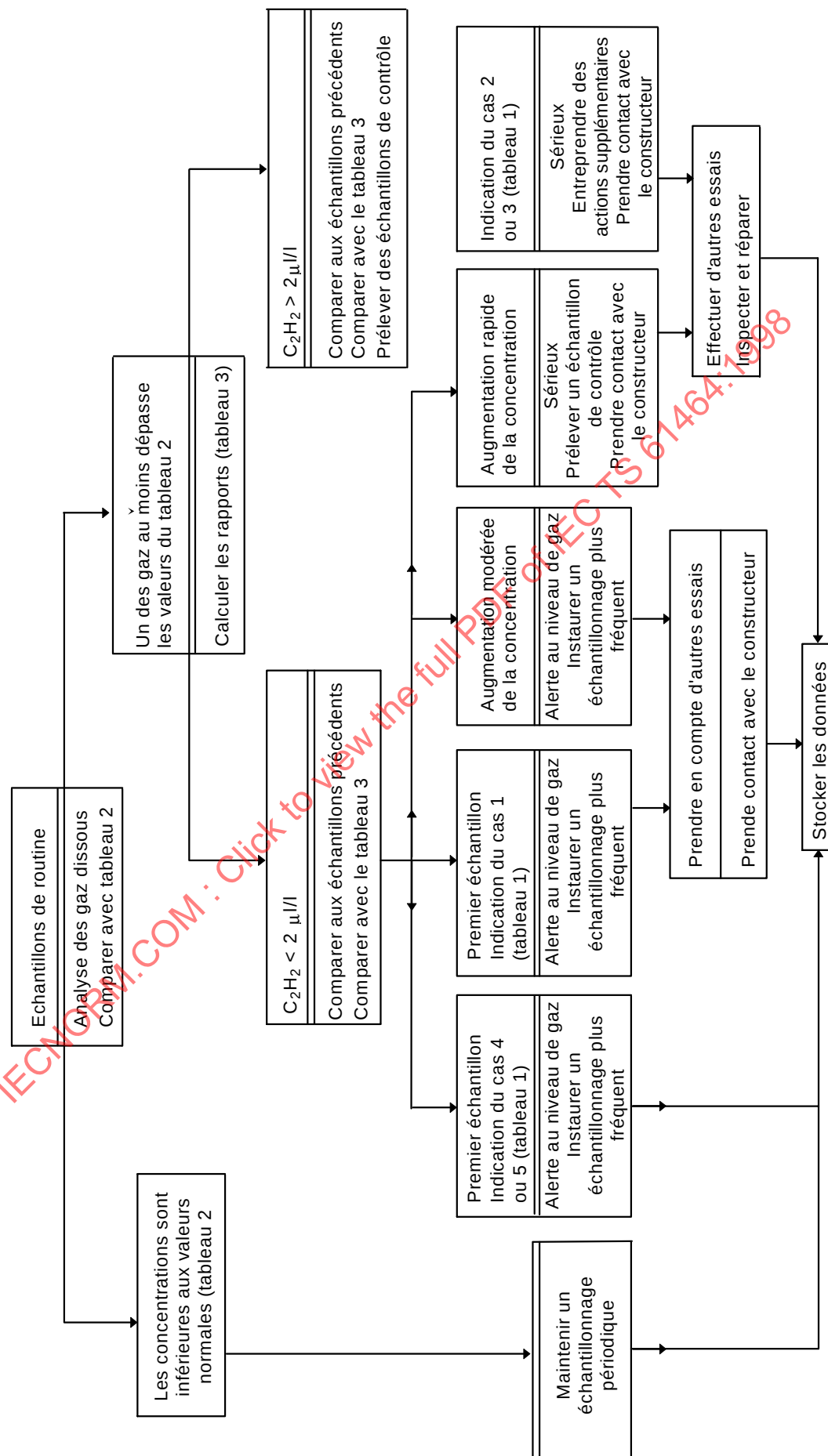
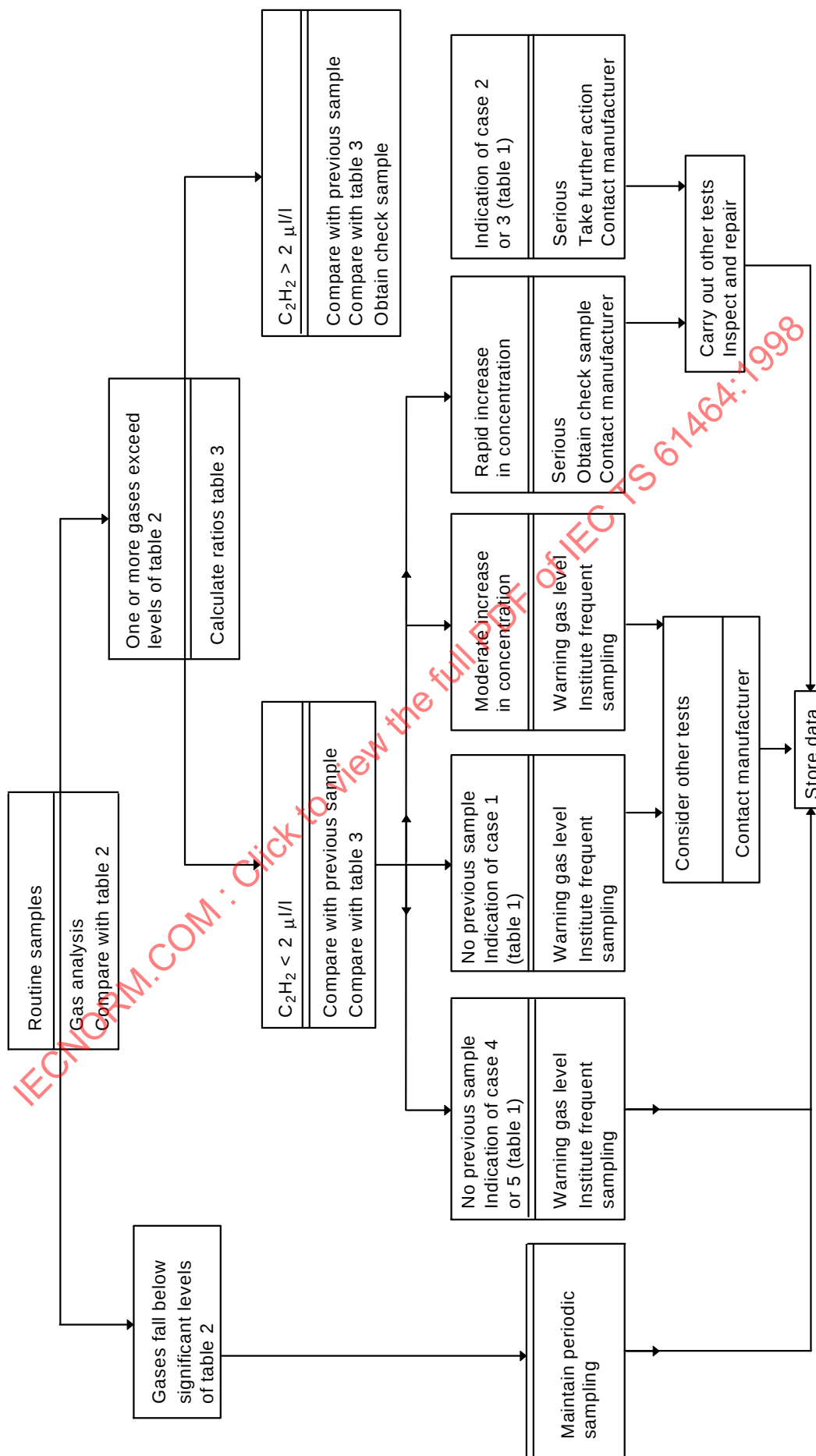
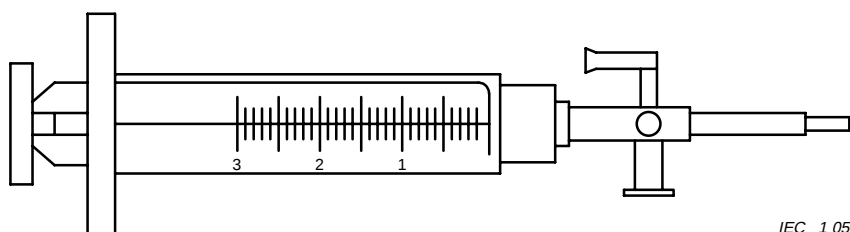


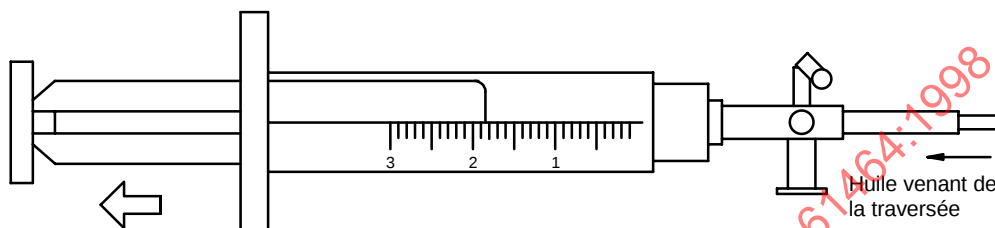
Table 4 – Flow chart





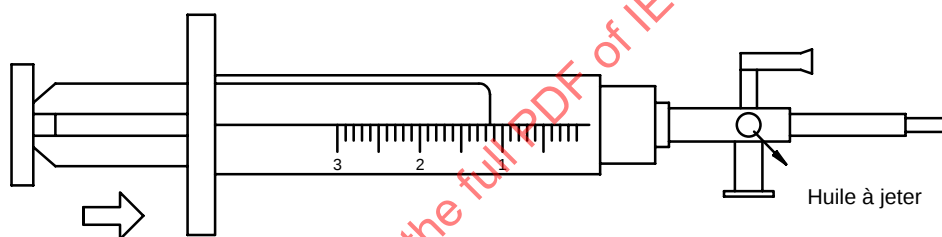
IEC 1 056/98

Figure 1a – Seringue avec robinet (position 1)



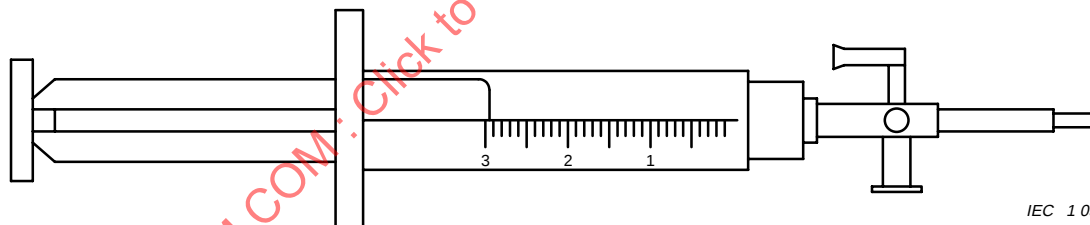
IEC 1 057/98

Figure 1b – Remplissage de la seringue pour rinçage (position 2)



IEC 1 058/98

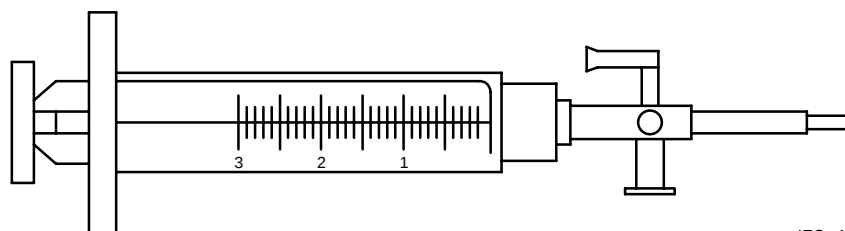
Figure 1c – Evacuation de l'huile vers le bidon pour déchets (position 3)



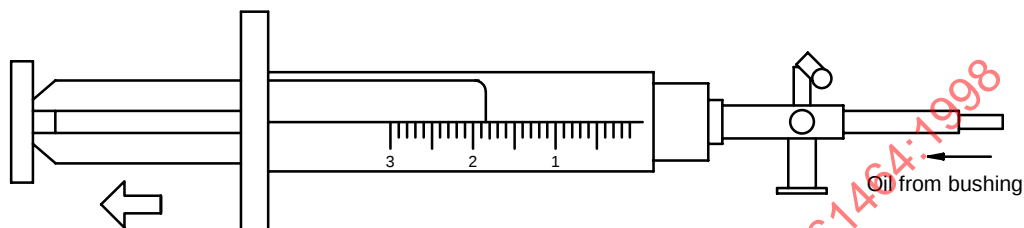
IEC 1 059/98

Figure 1d – Prélèvement d'huile dans la seringue étanche avec robinet fermé (position 4)

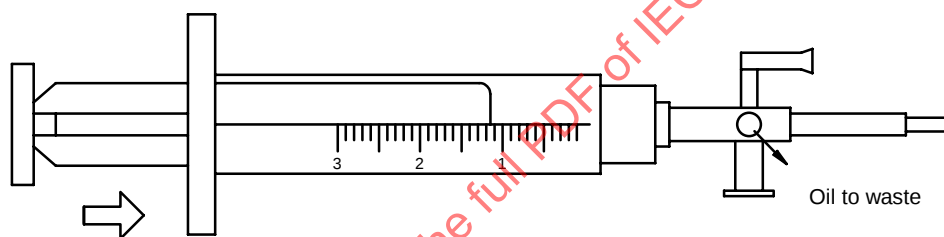
Figure 1 – Différentes étapes d'un prélèvement



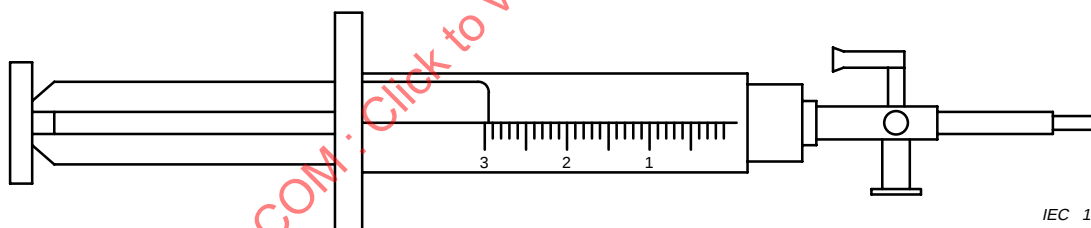
IEC 1 056/98

Figure 1a – Syringe with stopcock in the close position (position 1)

IEC 1 057/98

Figure 1b – Filling syringe with oil for flushing (position 2)

IEC 1 058/98

Figure 1c – Flushing the oil to waste (position 3)

IEC 1 059/98

Figure 1d – Oil sample sealed inside syringe with stopcock in the close position (position 4)**Figure 1 – Sampling sequences**