

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60480

Deuxième édition
Second edition
2004-10

Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation

Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment and specification for its re-use

© IEC 2004 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, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Termes et définitions	14
3.1 Termes généraux	14
3.2 Aspects liés aux matériaux	14
3.3 Aspects liés à l'environnement	16
4 Applications types du SF ₆	18
5 Impuretés et leurs sources	18
5.1 Remarque d'introduction	18
5.2 Impuretés du fait du traitement et en service	18
5.3 Impuretés dans le matériel possédant uniquement une fonction d'isolation	18
5.4 Impuretés dans le matériel de coupure	18
5.5 Impuretés dues à des arcs internes	20
6 Aspects liés à l'environnement	20
6.1 Remarque d'introduction	20
6.2 Impact sur l'écosystème	20
6.3 Appauvrissement en ozone	20
6.4 Effet de serre	20
6.5 Produits de décomposition	20
6.6 Conclusion	20
7 Santé et sécurité	22
7.1 Remarque d'introduction	22
7.2 Précautions nécessaires à prendre avec le SF ₆	22
7.3 Précautions nécessaires à prendre avec le SF ₆ usagé	22
7.4 Considérations d'hygiène sanitaire	24
8 Spécification de la qualité pour la réutilisation de SF ₆ dans un appareillage nouveau ou existant	24
8.1 Logigramme de décision pour le SF ₆ retiré du matériel électrique pour le traitement	24
8.2 Niveau d'impuretés maximum acceptables pour la réutilisation du SF ₆	28
9 Méthodes analytiques pour le SF ₆ et leur signification	28
9.1 Généralités	28
9.2 Analyse sur site	30
9.3 Analyse en laboratoire	32
10 Traitement, stockage et transport	34
10.1 Remarque d'introduction	34
10.2 Matériel de traitement du gaz	34
10.3 Prescriptions de sécurité générales	34
10.4 Condition du SF ₆ dans une enveloppe	36
10.5 Extraction de SF ₆ usagé d'une enveloppe	38
10.6 Stockage et transport du SF ₆ usagé	38

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references.....	13
3 Terms and definitions.....	15
3.1 General terms.....	15
3.2 Material aspects.....	15
3.3 Environmental aspects.....	17
4 Typical applications of SF ₆	19
5 Impurities and their sources.....	19
5.1 Introductory remark.....	19
5.2 Impurities from handling and in service.....	19
5.3 Impurities in equipment having only an insulating function.....	19
5.4 Impurities in switching equipment.....	19
5.5 Impurities from internal arcs.....	21
6 Environmental aspects.....	21
6.1 Introductory remark.....	21
6.2 Impact on the ecosystem.....	21
6.3 Ozone depletion.....	21
6.4 Greenhouse effect.....	21
6.5 Decomposition products.....	21
6.6 Conclusion.....	21
7 Health and safety.....	23
7.1 Introductory remark.....	23
7.2 Precautions necessary with SF ₆	23
7.3 Necessary precautions with used SF ₆	23
7.4 Health considerations.....	25
8 Quality specification for re-use of SF ₆ in new or existing switchgear.....	25
8.1 Decision flow chart for SF ₆ removed from electrical equipment for treatment.....	25
8.2 Maximum acceptable impurity levels for re-use of SF ₆	29
9 Analytical methods for SF ₆ and their significance.....	29
9.1 General.....	29
9.2 On-site analysis.....	31
9.3 Laboratory analysis.....	33
10 Handling, storage and transportation.....	35
10.1 Introductory remark.....	35
10.2 Gas handling equipment.....	35
10.3 General safety requirements.....	35
10.4 Condition of the SF ₆ in an enclosure.....	37
10.5 Removing used SF ₆ from an enclosure.....	39
10.6 Storage and transportation of used SF ₆	39

Annexe A (informative) Variation maximale des niveaux d'humidité tolérables pour la réutilisation	40
Annexe B (informative) Description des différentes méthodes d'analyse (sur site et en laboratoire)	44
Annexe C (informative) Recommandations et procédures de régénération sur site	60
 Bibliographie	 66
 Figure 1 – Logigramme de décision pour la destination du SF ₆ retiré	 26
Figure 2 – Logigramme de décision pour une analyse sur site	30
Figure A.1 – Niveau d'humidité (ppmv) en fonction de la pression de gaz <i>p</i>	40
Figure B.1 – Montage d'échantillonnage du gaz SF ₆ : évacuation	44
Figure B.2 – Montage d'échantillonnage du gaz SF ₆ : purge	46
Figure B.3 – Chromatogramme de gaz type de SF ₆ décomposé (analyse réalisée avec une colonne Q Porapak)	52
Figure B.4 – Spectre IR du SF ₆ contaminé	58
 Tableau 1 – Origine des impuretés du SF ₆	 18
Tableau 2 – Niveaux d'impuretés acceptable maximum	28
Tableau 3 – Méthodes sur site	32
Tableau 4 – Méthodes de laboratoire	32
Tableau B.1 – Réponse relative du détecteur de conductivité thermique	54
Tableau B.2 – Fréquences des pics d'absorption pour le SF ₆ et ses impuretés	58
Tableau C.1 – Opérations suggérées de régénération	60
Tableau C.2 – Adsorbants types pour diverses impuretés du SF ₆	62
Tableau C.3 – Résumé des règles de transport du SF ₆	64

Annex A (informative) Derivation of maximum tolerable moisture levels for re-use	41
Annex B (informative) Description of the different methods of analysis (on-site and laboratory)	45
Annex C (informative) Reclaiming recommendations and procedures on-site	61
Bibliography	67
Figure 1 – Decision flow chart for the destination of removed SF ₆	27
Figure 2 – Decision flow chart for on-site analysis	31
Figure A.1 – Moisture levels (ppmv) as a function of gas pressure p	41
Figure B.1 – SF ₆ gas sampling set-up: evacuation	45
Figure B.2 – SF ₆ gas sampling set-up: purging	47
Figure B.3 – Typical gas chromatogram of decomposed SF ₆	53
(analysis performed with a Porapak Q column)	53
Figure B.4 – IR spectrum of contaminated SF ₆	59
Table 1 – Origin of SF ₆ impurities	19
Table 2 – Maximum acceptable impurity levels	29
Table 3 – On-site methods	33
Table 4 – Laboratory methods	33
Table B.1 – Thermal conductivity detector relative response factor	55
Table B.2 – Peak absorption of SF ₆ and contaminants	59
Table C.1 – Suggested reclaiming operations	61
Table C.2 – Typical adsorbents for various SF ₆ impurities	63
Table C.3 – Summary of SF ₆ transportation regulations	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**LIGNES DIRECTRICES RELATIVES AU CONTRÔLE ET AU TRAITEMENT DE
L'HEXAFLUORURE DE SOUFRE (SF₆) PRÉLEVÉ SUR LE MATÉRIEL
ÉLECTRIQUE ET SPÉCIFICATION EN VUE DE SA RÉUTILISATION**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (SAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 relatives, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts participants et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou du crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 Norme Internationale CEI 60480 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1974. Elle constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont indiquées ci-dessous:

- mise à jour des questions environnementales, de stockage et des méthodes analytiques;
- addition de spécification pour la réutilisation du gaz;
- incorporation du processus de régénération de l'hexafluorure de soufre prélevé sur le matériel électrique.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDELINES FOR THE CHECKING AND TREATMENT
OF SULFUR HEXAFLUORIDE (SF₆) TAKEN FROM ELECTRICAL
EQUIPMENT AND SPECIFICATION FOR ITS RE-USE**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. In this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative References cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60480 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1974, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- updating of standard as it relates to environmental issues, storage and analytical methods;
- addition of specification for the re-use of gas;
- inclusion of a regeneration process for sulfur hexafluoride taken from electrical equipment.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/611/FDIS	10/612/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

FDIS	Report on voting
10/611/FDIS	10/612/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

L'hexafluorure de soufre, SF₆, est un gaz essentiel pour le matériel électrique. Du fait des aspects d'environnement, la communauté internationale – et spécialement l'industrie électrique – a développé d'importants efforts pour contrôler les impacts du produit sur l'environnement à toutes les étapes de sa vie, «de bout en bout», comme il est défini dans l'ISO 14040 [5] ¹.

Dans le sens de ces efforts et en les complétant, une attention particulière a été accordée aux procédures de régénération. Ces procédures permettront la réutilisation des gaz lorsque le matériel est entretenu, réparé ou atteint la fin de sa durée de vie. Cela inclut la spécification des niveaux d'impuretés acceptables, conformément à l'expérience acquise par les utilisateurs principaux (fabricants et entreprises publiques électriques).

¹ Les références entre crochets renvoient à la bibliographie.

INTRODUCTION

Sulfur hexafluoride, SF₆, is an essential gas for electrical equipment. Influenced by environmental concerns, the international community, and especially the electrical industry, has made and is still making a substantial contribution towards controlling the environmental impact of the product at all stages of its life, from “the cradle to the grave”, as it is defined in ISO 14040 [5]¹.

In line with these efforts and as a complement to them, particular attention has been paid to reclaiming procedures of the SF₆ as used in electrical equipment. These procedures allow the re-use of the gas when equipment is maintained, repaired or reaches the end of its service life. This includes acceptable limits for impurity levels, according to experience gained by main users (manufacturers and electrical utilities).

¹ References in square brackets refer to the bibliography.

LIGNES DIRECTRICES RELATIVES AU CONTRÔLE ET AU TRAITEMENT DE L'HEXAFLUORURE DE SOUFRE (SF₆) PRÉLEVÉ SUR LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE ET SPÉCIFICATION EN VUE DE SA RÉUTILISATION

1 Domaine d'application

La présente Norme concerne l'hexafluorure de soufre (SF₆) que l'on retire du matériel électrique (pour la maintenance ou en fin de vie) en vue de sa réutilisation.

La présente norme recommande des procédures pour la régénération du SF₆ usagé et pour la restauration de sa qualité à un niveau acceptable, afin de permettre le remplissage de nouveaux matériels électriques ou de matériels déjà existants.

La présente norme fournit des lignes directrices pour que le personnel d'exploitation ou de maintenance réalise des essais ou traite le SF₆ usagé en toute sécurité.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050(191):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050(212):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 212: Isolants solides, liquides et gazeux*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(826):1982, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 826: Installations électriques des bâtiments*

CEI 60376:1971, *Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf*

CEI 60376A:1973, *Premier complément – Section treize: Taux d'huile minérale*

CEI 60376B:1974, *Deuxième complément – Article 26*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 61634:1995, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

GUIDELINES FOR THE CHECKING AND TREATMENT OF SULFUR HEXAFLUORIDE (SF₆) TAKEN FROM ELECTRICAL EQUIPMENT AND SPECIFICATION FOR ITS RE-USE

1 Scope

This International Standard concerns the re-use of sulfur hexafluoride (SF₆) after removal from electrical equipment (for maintenance, or at the end of life).

This standard recommends procedures for reclaiming used SF₆ and for restoring its quality to an acceptable level, which would allow the filling of new or existing electrical equipment.

This standard provides guidance to operational and maintenance personnel for the testing and safe handling of used SF₆.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050(191):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050(212):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 212: Insulating solids, liquids, gases*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(826):1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60376:1971, *Specification and acceptance of new sulfur hexafluoride*

IEC 60376A:1973, First supplement, *Specification and acceptance of new sulfur hexafluoride – Section Thirteen: Mineral oil content*

IEC 60376B:1974, Second supplement, *Specification and acceptance of new sulfur hexafluoride – Clause 26*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 61634:1995, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulfur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*