

Bibliographie.....	156
Figure 1 – Evacuation, remplissage et vérification de la qualité du SF ₆ après remplissage	88
Figure 2 – Remplissage des compartiments pré-remplis de SF ₆ à la pression/densité de remplissage assignée	90
Figure 3 – Complément de remplissage à la pression/densité de remplissage assignée de SF ₆	91
Figure 4 – Vérification de la qualité du SF ₆ sur site	93
Figure 5 – Echantillonnage et transport du SF ₆	94
Figure 6 – Exemple de récupération et régénération de SF ₆ contenu dans tout compartiment de systèmes à pression autonome ou entretenue contenant du SF ₆ très faiblement décomposé ou faiblement décomposé	95
Figure 7 – Exemple de récupération et régénération du SF ₆ contenu dans tout compartiment de systèmes à pression autonome ou entretenue contenant du SF ₆ fortement décomposé	97
Figure 8 – Fin du cycle de vie des systèmes à pression autonome ou entretenue	99
Figure 9 – Fin du cycle de vie des systèmes à pression scellés	100
Figure 10 – Récupération et régénération du SF ₆ en fin de vie des systèmes à pression scellés	101
Figure 11 – Démontage d'un appareillage électrique.....	103
Figure D.1 – Appareil de récupération polyvalent.....	121
Figure D.2 – Dispositif de mélange de gaz.....	128
Figure E.1 – Caractéristiques de pression/température/densité du SF ₆ [16].....	130
Figure H.1 – Procédure d'évaluation des effets potentiels sur la santé dus à un arc.....	144
Figure H.2 – Procédure d'évaluation des effets potentiels sur la santé dus à des décharges de faible énergie.....	145
Figure I.1 – Pression de vapeur saturante de divers gaz en fonction de la température	148
Figure I.2 – Appareil de récupération cryogénique type pour récupération sur le site du SF ₆	149
Figure I.3 – Appareil de récupération cryogénique type pour éliminer les contaminants	150
Figure J.1 – Pression de vapeur de SF ₆	154
Figure J.2 – Densité maximale de SF ₆ de manière à éviter la liquéfaction du SF ₆	155
Tableau 1 – Evacuation, remplissage et vérification de la qualité du SF ₆ après remplissage	89
Tableau 2 – Remplissage des compartiments pré-remplis de SF ₆ à la pression/densité de remplissage assignée	90
Tableau 3 – Complément de remplissage à la pression/densité de remplissage assignée de SF ₆	92
Tableau 4 – Vérification de la qualité du SF ₆ sur site.....	93
Tableau 5 – Echantillonnage et transport du SF ₆	94
Tableau 6 – Exemple de récupération et régénération de SF ₆ contenu dans tout compartiment de systèmes à pression autonome ou entretenue contenant du SF ₆ très faiblement décomposé ou faiblement décomposé	96
Tableau 7 – Exemple de récupération et régénération du SF ₆ contenu dans tout compartiment de systèmes à pression autonome ou entretenue contenant du SF ₆ fortement décomposé	98

Tableau 8 – Récupération du SF ₆ en fin de vie des systèmes à pression scellés	102
Tableau 9 – Caractéristiques du SF ₆ et quantité de produits de décomposition attendues	104
Tableau A.1 – Méthodes de stockage du SF ₆	106
Tableau A.2 – Types de récipients et étiquetage exigé pour le stockage et le transport du SF ₆	106
Tableau A.3 – Règlements internationaux applicables au transport du SF ₆	108
Tableau B.1 – Mesures à appliquer pour toute tâche exécutée sur un appareillage électrique contenant du SF ₆	109
Tableau B.2 – Mesures de sécurité lors de l'ouverture ou de l'accès dans les compartiments de gaz	111
Tableau B.3 – Solutions neutralisantes	112
Tableau B.4 – Mesures de sécurité supplémentaires	114
Tableau D.1 – Modèles de filtres types utilisés lors de la régénération du SF ₆	122
Tableau D.2 – Dispositifs de mesure de gaz	125
Tableau E.1 – Principales caractéristiques chimiques du SF ₆ [16]	129
Tableau E.2 – Principales caractéristiques physiques du SF ₆ [16]	131
Tableau E.3 – Principales caractéristiques électriques du SF ₆ [16]	131
Tableau H.1 – OEL pour SO ₂ , HF et S ₂ F ₁₀	142
Tableau H.2 – Taux de production de SOF ₂	142

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 4: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆)
et des mélanges contenant du SF₆**

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 (PAS) 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 représentent, 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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de 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 au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-4 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette première édition annule et remplace la première édition de la CEI/TR 62271-303 parue en 2008.

Cette première édition constitue une révision technique. Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) remplacement de la description des effets potentiels sur la santé des produits de décomposition du SF₆ (anciennement Annexe D de la CEI/TR 62271-303:2008) par les méthodes de calcul pour évaluer les effets potentiels sur la santé des produits de décomposition du SF₆ (voir Annexe H);
- b) ajout d'informations concernant la régénération cryogénique du SF₆. (voir Annexe I);

- c) ajout de procédures de manipulation pour les mélanges contenant du SF₆ les plus courants (voir Annexe J).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/1044/FDIS	17A/1051/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, publiées sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité 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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Comme convenu avec le CE 10, les annexes A, E, F, G, H et I seront retirées du présent document dès la publication des éditions révisées de la CEI 60376 et de la CEI 60480.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 4: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des mélanges contenant du SF₆

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 s'applique aux procédures de manipulation du SF₆ lors de l'installation, de la mise en service, du fonctionnement normal ou anormal, et de l'élimination en fin de vie de l'appareillage à haute tension.

Ces procédures sont considérées comme des exigences minimales pour garantir la sécurité du personnel travaillant avec du SF₆ (voir Annexe B) et pour minimiser l'émission de SF₆ vers l'environnement.

Cette norme s'applique également de façon générale aux mélanges de gaz contenant du SF₆. Les particularités de leur manipulation sont traitées en Annexe J.

NOTE 1 Dans l'ensemble de cette norme, l'utilisation du terme haute tension (référence CEI 60050-601:1985, 601-01-27) signifie une tension assignée supérieure à 1 000 V. Cependant, le terme moyenne tension (référence CEI 60050-601:1985, 601-01-28) est communément utilisé pour les réseaux de distribution avec des tensions supérieures à 1 kV et est généralement appliqué pour des tensions inférieures ou égales à 52 kV.

NOTE 2 Dans l'ensemble de cette norme, le terme «appareillage électrique» signifie «appareillage à haute tension et à moyenne tension».

NOTE 3 Dans l'ensemble de cette norme, le terme «pression» signifie «pression absolue».

1.2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60050-441, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050-601, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60376, *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour utilisation dans les appareils électriques*

CEI 60480, *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*

CEI 62271-1, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

EN 1089-3, *Bouteilles à gaz transportables. Identification de la bouteille à gaz (GPL exclu). Code couleur*

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-441 et dans la CEI 60050-601, ainsi que les suivants, s'appliquent.

2.1

rejet anormal de SF₆

rejet provenant du matériel en service, dû à une défaillance du système d'étanchéité ou à une erreur du processus de manipulation

Note 1 à l'article: Une fuite anormale de SF₆ est habituellement une émission non désirée et continue de gaz à un débit supérieur au débit de fuite du matériel par conception. Dès qu'une fuite anormale de SF₆ est détectée, il convient de mettre en place des mesures appropriées pour la localiser et l'éliminer.

2.2

manipulation du SF₆

tout processus pouvant impliquer un transfert de SF₆

2.3

évacuation

transfert d'un autre gaz que du SF₆ (par exemple air ou N₂) pouvant être libéré dans l'atmosphère. Cette opération est exécutée en utilisant une pompe à vide

2.4

récupération de SF₆

transfert de SF₆ du compartiment sous gaz dans un appareil de récupération ou un récipient de stockage

Note 1 à l'article: Cette opération est normalement exécutée en utilisant un compresseur de récupération.

2.5

remplissage avec du SF₆

remplissage d'un compartiment pré-rempli avec du SF₆ à la pression de remplissage assignée

Note 1 à l'article: Les compartiments pré-remplis sont des systèmes à pression autonome remplis chez le fabricant avant transport. Ils contiennent du SF₆ à une pression type comprise entre 0,12 MPa et 0,15 MPa permettant une mise en service sur le site plus rapide et plus aisée.

2.6

complément de remplissage avec du SF₆

remplissage d'un compartiment avec du SF₆ à la pression de remplissage assignée pour assurer la continuité du service

2.7

régénération du SF₆

série de manipulations de SF₆ incluant la récupération et un processus de raffinage minimal du SF₆, tels que le filtrage des poussières, des produits de décomposition, de l'humidité, de l'huile, etc.

Note 1 à l'article: Un appareil de récupération type est décrit à l'Annexe D; tandis qu'un appareil de récupération cryogénique est décrit à l'Annexe I.

Note 2 à l'article: Parfois les termes «retraitement» ou «régénération» peuvent être utilisés avec la même signification.

2.8

appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse

appareillage sous enveloppe métallique dans laquelle l'isolation est obtenue, au moins partiellement, par un gaz isolant autre que l'air à pression atmosphérique

Note 1 à l'article: Ce terme s'applique généralement à un appareillage à haute tension.

[SOURCE: CEI 60050-441:1984, 441-12-05]

2.9

compartiment à remplissage de gaz

compartiment d'un appareillage dans lequel la pression de gaz est maintenue par l'un des systèmes suivants:

- système à pression entretenue;
- système à pression autonome;
- système à pression scellé.

Note 1 à l'article: Plusieurs compartiments à remplissage de gaz peuvent être connectés en permanence pour former un système de gaz commun (ensemble étanche au gaz).

Note 2 à l'article: La définition est identique à la CEI 62271-1.

2.10

système à pression entretenue de gaz

ensemble qui se remplit automatiquement à partir d'une alimentation en gaz comprimé externe ou d'une réserve interne

Note 1 à l'article: Les disjoncteurs à air comprimé ou les mécanismes de commande pneumatique sont des exemples de systèmes à pression entretenue.

Note 2 à l'article: Plusieurs compartiments à remplissage de gaz raccordés en permanence peuvent constituer un ensemble.

Note 3 à l'article: La définition est identique à la CEI 62271-1.

2.11

système à pression autonome de gaz

ensemble qui ne reçoit que des apports périodiques de gaz par raccordement manuel à une réserve extérieure

Note 1 à l'article: Les disjoncteurs à simple pression de SF₆ sont des exemples de systèmes à pression autonome.

Note 2 à l'article: La définition est identique à la CEI 62271-1.

2.12

système à pression scellé

ensemble pour lequel aucune manipulation de gaz ou de vide n'est requise pendant la durée de service attendue

Note 1 à l'article: Les disjoncteurs à vide et certains disjoncteurs à SF₆ sont des exemples de systèmes à pression scellés.

Note 2 à l'article: Les systèmes à pression scellés sont entièrement montés et contrôlés en usine.

Note 3 à l'article: La définition est identique à la CEI 62271-1.

2.13

SF₆ de qualité technique

SF₆ ayant une très faible teneur en impuretés conformément à la CEI 60376

2.14

SF₆ usagé

gaz récupéré d'un appareillage électrique, initialement rempli de SF₆ conformément à la CEI 60376 ou à la CEI 60480

Note 1 à l'article: Si après remplissage, le gaz est récupéré pour une raison quelconque pendant la durée de vie de l'appareillage, par exemple pour une réparation, un entretien, une maintenance, celui ci sera transféré et est considéré comme du gaz usagé.

Note 2 à l'article: L'Annexe G fournit des informations sur les produits de décomposition du SF₆ usagé qui se présentent, sous forme gazeuse et solide.

2.15

SF₆ usagé pouvant être réutilisé sur site

SF₆ usagé présentant un niveau d'impureté maximal, conformément à la CEI 60480

Note 1 à l'article: Si nécessaire, il convient d'utiliser des unités de service comprenant des filtres et des matériaux adsorbants appropriés.

2.16

SF₆ usagé pouvant être réutilisé par le fabricant de gaz

SF₆ usagé dont le niveau d'impureté dépasse le niveau maximal acceptable défini dans la CEI 60480, adapté à une réutilisation par le fabricant de gaz

Note 1 à l'article: Si nécessaire, il convient d'utiliser des unités de service comprenant des filtres et des matériaux adsorbants appropriés.

2.17

SF₆ usagé non réutilisable

SF₆ usagé ne rentrant pas dans la catégorie définie en 2.15 ou 2.16

Note 1 à l'article: Le SF₆ usagé non réutilisable est éliminé selon les réglementations locales ou internationales portant sur la gestion des déchets.

2.18

SF₆ très faiblement décomposé

SF₆ usagé contenant environ moins de 1 ml/l (0,1 % en volume) de produits de décomposition gazeux

Note 1 à l'article: La présence de SF₆ très faiblement décomposé est généralement constatée dans tout compartiment après remplissage et préalablement à la mise sous tension ou après les essais de tenue diélectrique avant mise en service ou dans les compartiments dans lesquels il n'y a jamais eu d'arc.

2.19

SF₆ faiblement décomposé

SF₆ usagé contenant environ entre 1 ml/l (0,1 % en volume) et 10 ml/l (1 % en volume) de produits de décomposition gazeux

Note 1 à l'article: La présence de SF₆ faiblement décomposé est généralement constatée dans les disjoncteurs ou sectionneurs après des manoeuvres (charge ou panne).

Note 2 à l'article: Une petite quantité de produits de décomposition solides, principalement des fluorures métalliques et des oxyfluorures de tungstène, peut également être présente.

2.20

SF₆ fortement décomposé

SF₆ usagé contenant environ plus de 10 ml/l (1 % en volume) de produits de décomposition gazeux

Note 1 à l'article: La présence de SF₆ fortement décomposé est généralement constatée dans les compartiments sous gaz après l'apparition d'un arc interne ou dans les disjoncteurs ou sectionneurs après un défaut d'interruption ou dans les disjoncteurs après des interruptions satisfaisantes de plusieurs courts-circuits à une amplitude élevée en rapport aux caractéristiques assignées.

Note 2 à l'article: Une grande quantité de produits de décomposition solides, principalement des fluorures métalliques et des oxyfluorures de tungstène, est également attendue.

2.21

mélange contenant du SF₆

mélange gazeux formé par du SF₆ et un gaz complémentaire, généralement N₂ ou CF₄.

3 Manipulation du SF₆ au cours de l'installation et de la mise en service

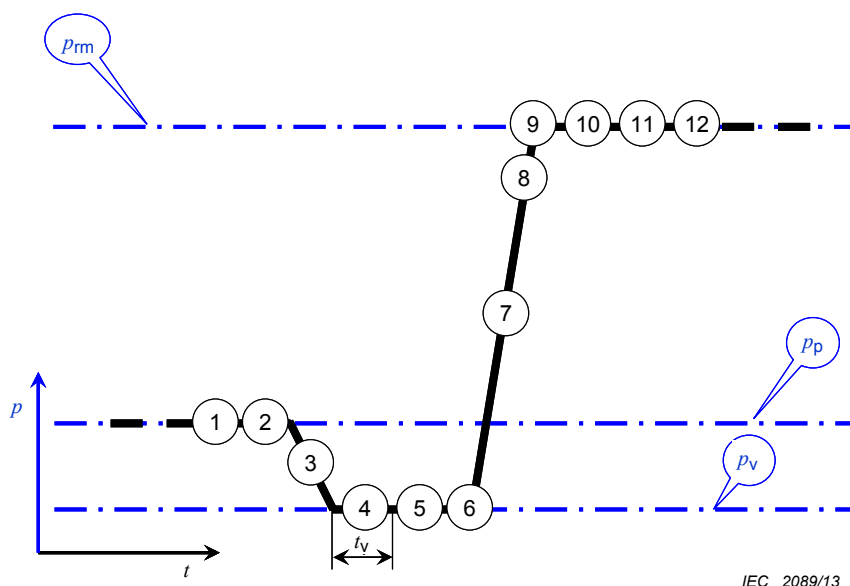
3.1 Généralités

Cet article fournit des directives pour toute tâche exécutée avec du SF₆, de qualité technique, conformément à la CEI 60376 ou avec du SF₆ usagé pouvant être réutilisé sur site, conformément à la CEI 60480, c'est-à-dire lorsqu'un compartiment de gaz est rempli, après installation de l'appareillage sur le site.

3.2 Évacuation, remplissage et vérification de la qualité du SF₆ après remplissage

Ce paragraphe s'applique aux compartiments des appareillages des systèmes à pression qui contiennent un gaz différent du SF₆ (généralement air ou N₂) à pression ambiante ou à une légère surpression (généralement 0,1 MPa à 0,15 MPa).

La séquence d'opérations nécessaire à l'évacuation de l'air/N₂ et au remplissage de SF₆ dans chaque compartiment doit être exécutée conformément à la Figure 1 et au Tableau 1, sauf spécification contraire dans la procédure de manipulation détaillée par le fabricant du matériel d'origine dans le manuel d'instructions d'exploitation.



IEC 2089/13

1	Préparation des appareils de manipulation du SF ₆	9	Inspection du capteur de pression/densité
2	Installation des adsorbants	10	Inspection de l'étanchéité
3	Évacuation	11	Vérification de la qualité du SF ₆
4	Phase de stabilisation du vide	12	Documentation
5	Phase de maintien du vide (étape facultative)	p_{rm}	Pression assignée de remplissage du SF ₆
6	Documentation	p_p	Pression initiale dans le compartiment de gaz
7	Remplissage de SF ₆	p_v	Pression d'évacuation < 2 kPa
8	Documentation	t_v	Temps de stabilisation du vide ≥ 30 min

Figure 1 – Évacuation, remplissage et vérification de la qualité du SF₆ après remplissage