

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 4: Handling procedures for gases for insulation and/or switching**

**Appareillage à haute tension –
Partie 4: Procédures de manipulation des gaz pour l'isolation et/ou la
commutation**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10; 29.130.99

ISBN 978-2-8322-4025-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	15
INTRODUCTION.....	17
1 Scope.....	18
2 Normative references	18
3 Terms and definitions	19
3.1 General terms and definitions	19
3.2 Terms and definitions for SF ₆	24
3.3 Terms and definitions for SF ₆ mixtures	24
3.4 Terms and definitions for compressed air.....	25
3.5 Terms and definitions for natural-origin gases.....	26
3.6 Terms and definitions for C ₅ F ₁₀ O (C5-FK) in mixtures with N ₂ , CO ₂ , O ₂ (C5-FK mixtures)	27
3.7 Terms and definitions for C ₄ F ₇ N (C4-FN) in mixtures with N ₂ , CO ₂ , O ₂ (C4-FN mixtures)	28
4 Gas handling during installation, commissioning and after repair or overhaul on site	29
4.1 General.....	29
4.2 Evacuation, filling and quality checking	30
4.3 Topping-up of pre-filled gas compartments to the filling pressure/density for insulation and/or switching	33
4.4 Filling sealed pressure systems	35
5 Gas handling during normal service life	35
5.1 Topping-up of gas to the filling pressure/density for insulation and/or switching.....	35
5.2 Checking the quality of the gas	37
5.2.1 General	37
5.2.2 On-site measurement of the quality of gases with portable measurement equipment.....	37
5.2.3 Sampling and shipment of gases for off-site analysis	38
5.3 Rectifying the composition of a gas mixture	38
6 Recovery and reclaiming of gases during maintenance, repair, overhaul or dismantling on-site	39
6.1 General.....	39
6.2 Recovery and reclaiming of non-arced or normally arced gases from any gas compartment.....	39
6.3 Recovery and reclaiming from any gas compartment containing heavily arced gas.....	41
7 End-of-life of electric power equipment.....	43
7.1 General.....	43
7.2 End-of-life of controlled or closed pressure systems	44
7.3 End-of-life of sealed pressure systems.....	44
7.4 Gas recovery and reclaiming at the end-of-life of sealed pressure systems	45
7.5 Dismantling of electric power equipment (informative).....	49
Annex A (informative) Sulphur hexafluoride (SF ₆).....	50
A.1 Gas properties	50
A.2 Safety and first aid.....	50
A.2.1 General	50

A.2.2	Protection of personnel.....	51
A.2.3	Handling of contaminated safety equipment and tools.....	53
A.2.4	Pressurised equipment and tools or measuring devices.....	53
A.2.5	Personal safety and protective equipment.....	53
A.2.6	Facilities and services	54
A.2.7	Additional safety measures in case of sudden release of SF ₆	54
A.2.8	First aid equipment and treatment	54
A.3	Environmental impact.....	55
A.4	Training and certification.....	55
A.4.1	General	55
A.4.2	Training	56
A.4.3	Certification	57
A.5	Storage and transportation.....	57
A.5.1	General	57
A.5.2	Storage of containers filled with SF ₆	57
A.5.3	Transportation of containers filled with SF ₆	58
A.5.4	Storage and transportation of electric power equipment containing SF ₆	59
A.5.5	Responsibilities	60
A.6	Description of handling equipment	60
A.6.1	General	60
A.6.2	Filters	61
A.6.3	Vacuum pump.....	62
A.6.4	Main and vacuum compressors.....	63
A.6.5	Outlet compressor	63
A.6.6	External and internal gas storage containers	63
A.6.7	Evaporator and gas storage container heater.....	63
A.6.8	Gas piping and pipe junctions.....	64
A.6.9	Control instruments	64
A.6.10	Safety valves	64
A.6.11	Flexible hose connections.....	64
A.6.12	Portable devices for gas measurement	64
A.6.13	Gas leakage tester	66
A.6.14	Gas concentration alarm systems	66
A.6.15	Gas sampling cylinders.....	67
A.7	Reclaiming procedures	67
A.8	By-products	67
A.9	Procedure to evaluate the potential effects on health of by-products.....	67
A.10	Handling of SF ₆	67
A.10.1	General	67
A.10.2	Filling gas compartments with SF ₆	67
A.10.3	Topping-up gas compartments with SF ₆ to the filling pressure for insulation and/or switching.....	67
A.10.4	Checking the quality of SF ₆	67
A.10.5	Recovery and reclaim of SF ₆	67
A.11	Specifications for SF ₆ needed for filling or topping-up electric power equipment.....	67
Annex B (informative)	SF ₆ mixtures	68

B.1	Gas properties	68
B.1.1	General	68
B.1.2	Chemical properties	68
B.1.3	Physical properties	68
B.1.4	Insulating and switching behaviour	69
B.2	Safety and first aid	70
B.2.1	General	70
B.2.2	Protection of personnel	70
B.2.3	Handling of contaminated safety equipment and tools	70
B.2.4	Pressurised equipment and tools or measuring devices	70
B.2.5	Personal safety and protective equipment	70
B.2.6	Facilities and services	70
B.2.7	Additional safety measures in case of sudden release of SF ₆ mixtures	70
B.2.8	First aid equipment and treatment	70
B.3	Environmental impact	70
B.4	Training and certification	70
B.4.1	General	70
B.4.2	Training	71
B.4.3	Certification	71
B.5	Storage and transportation	71
B.5.1	General	71
B.5.2	Storage of containers filled with SF ₆ mixture	71
B.5.3	Transportation of containers filled with SF ₆ mixture	73
B.5.4	Storage and transportation of electric power equipment containing SF ₆ mixture	74
B.5.5	Responsibilities	75
B.6	Description of handling equipment	75
B.6.1	General	75
B.6.2	Filters	77
B.6.3	Vacuum pump	77
B.6.4	Main and vacuum compressors	77
B.6.5	Outlet compressor	77
B.6.6	External and internal gas storage containers	77
B.6.7	Evaporator and gas storage container heater	77
B.6.8	Gas piping and pipe junctions	77
B.6.9	Control instruments	77
B.6.10	Safety valves	77
B.6.11	Flexible hose connections	77
B.6.12	Portable devices for gas measurement	77
B.6.13	Gas leakage tester	78
B.6.14	Gas concentration alarm systems	78
B.6.15	Gas sampling cylinders	79
B.6.16	Gas mixing unit	79
B.7	Reclaiming procedures	79
B.8	By-products	79
B.9	Procedure to evaluate the potential effects on health of by-products	79
B.10	Handling of SF ₆ mixtures	79
B.10.1	General	79

B.10.2	Filling gas compartments with SF ₆ mixtures	80
B.10.3	Topping-up gas compartments with SF ₆ mixtures to the filling pressure for insulation and/or switching	80
B.10.4	Checking the quality of SF ₆ mixtures	81
B.10.5	Recovery and reclaim of SF ₆ mixtures	81
B.10.6	Rectifying the composition of SF ₆ mixtures	82
B.11	Specifications for SF ₆ mixtures needed for filling or topping-up electric power equipment	82
Annex C (informative) Compressed air		83
C.1	Gas properties	83
C.1.1	General	83
C.1.2	Chemical properties	83
C.1.3	Physical properties	83
C.1.4	Insulating and switching behaviour	84
C.2	Safety and first aid	84
C.2.1	General	84
C.2.2	Protection of personnel	85
C.2.3	Handling of contaminated safety equipment and tools	86
C.2.4	Pressurised equipment and tools or measuring devices	86
C.2.5	Personal safety and protective equipment	87
C.2.6	Facilities and services	88
C.2.7	Additional safety measures in case of sudden release of compressed air	88
C.2.8	First aid equipment and treatment	88
C.3	Environmental impact	89
C.3.1	General	89
C.3.2	Ecotoxicology	89
C.3.3	Ozone depletion	90
C.3.4	Global warming/climate change (greenhouse effect)	90
C.3.5	Environmental impact of by-products	90
C.4	Training and certification	90
C.4.1	General	90
C.4.2	Training	90
C.4.3	Certification	91
C.5	Storage and transportation	92
C.5.1	General	92
C.5.2	Storage of containers filled with compressed air	92
C.5.3	Transportation of containers filled with compressed air	92
C.5.4	Storage and transportation of electrical power equipment containing compressed air	93
C.5.5	Responsibilities	93
C.6	Description of handling equipment	93
C.6.1	General	93
C.6.2	Filters	94
C.6.3	Vacuum pump	95
C.6.4	Main and vacuum compressors	96
C.6.5	Outlet compressor	96
C.6.6	External and internal gas storage containers	96
C.6.7	Evaporator and gas storage container heater	96

C.6.8	Gas piping and pipe junctions	96
C.6.9	Control instruments	96
C.6.10	Safety valves	97
C.6.11	Flexible hose connections.....	97
C.6.12	Portable devices for gas measurement	97
C.6.13	Gas leakage tester	98
C.6.14	Gas concentration alarm systems	98
C.6.15	Gas sampling cylinders.....	99
C.6.16	Gas purifying and filling device	99
C.7	Reclaiming procedures	100
C.7.1	General	100
C.7.2	Filtering recommendations.....	100
C.7.3	Transport of used compressed air in gas cylinders and containers by road.....	100
C.8	By-products	101
C.8.1	General	101
C.8.2	Decomposition of compressed air	101
C.8.3	Corrosion behaviour of compressed air and its by-products	102
C.8.4	Measures for the removal of by-products	102
C.8.5	Physiological characteristics of by-products.....	102
C.9	Procedure to evaluate the potential effects on health of by-products	103
C.9.1	General	103
C.9.2	Formation of by-products and health effects	104
C.10	Handling of compressed air.....	114
C.10.1	General	114
C.10.2	Filling gas compartments with compressed air	114
C.10.3	Topping-up gas compartments with compressed air to the filling pressure for insulation and/or switching	114
C.10.4	Checking the quality of compressed air.....	114
C.10.5	Recovery and reclaim of compressed air	115
C.11	Specifications for compressed air needed for filling or topping-up electric power equipment	115
Annex D (informative)	Natural-origin gases	116
D.1	Gas properties	116
D.1.1	General	116
D.1.2	Chemical properties.....	116
D.1.3	Physical properties	116
D.1.4	Insulating and switching behaviour	117
D.2	Safety and first aid.....	117
D.2.1	General	117
D.2.2	Protection of personnel.....	119
D.2.3	Handling of contaminated safety equipment and tools.....	120
D.2.4	Pressurised equipment and tools or measuring devices	120
D.2.5	Personal safety and protective equipment.....	120
D.2.6	Facilities and services	121
D.2.7	Additional safety measures in case of sudden release of natural-origin gases	122
D.2.8	First aid equipment and treatment	122
D.3	Environmental impact.....	123
D.3.1	General	123

D.3.2	Ecotoxicology	123
D.3.3	Ozone depletion	124
D.3.4	Global warming/climate change (greenhouse effect)	124
D.3.5	Environmental impact of by-products	124
D.4	Training and certification	124
D.4.1	General	124
D.4.2	Training	125
D.4.3	Certification	126
D.5	Storage and transportation	126
D.5.1	General	126
D.5.2	Storage of containers filled with natural-origin gases	126
D.5.3	Transportation of containers filled with natural-origin gases	127
D.5.4	Storage and transportation of electrical power equipment containing natural-origin gases	128
D.5.5	Responsibilities	129
D.6	Description of handling equipment	129
D.6.1	General	129
D.6.2	Filters	132
D.6.3	Vacuum pump	133
D.6.4	Main and vacuum compressors	133
D.6.5	Outlet compressor	133
D.6.6	External and internal gas storage container	134
D.6.7	Evaporator and gas storage container heater	134
D.6.8	Gas piping and pipe junctions	134
D.6.9	Control instruments	134
D.6.10	Safety valves	134
D.6.11	Flexible hose connections	134
D.6.12	Portable devices for gas measurement	135
D.6.13	Gas leakage tester	137
D.6.14	Gas concentration alarm systems	137
D.6.15	Gas sampling cylinders	137
D.6.16	Gas mixing unit	137
D.6.17	Gas filling unit	138
D.6.18	Gas recovery unit	138
D.6.19	Used gas storage and transportation devices	138
D.7	Reclaiming procedures	138
D.7.1	General	138
D.7.2	Filtering recommendations	139
D.7.3	Transport of used natural-origin gases in gas cylinders and containers by road	139
D.8	By-products	140
D.8.1	General	140
D.8.2	Decomposition of natural-origin gases	140
D.8.3	Corrosion behaviour of natural-origin gases and their by-products	140
D.8.4	Measures for the removal of by-products	141
D.8.5	Physiological characteristics of by-products	141
D.9	Procedure to evaluate the potential effects on health of gas components and by-products	142
D.9.1	General	142
D.9.2	Formation of by-products and health effects	142

D.10	Handling of natural-origin gases.....	152
D.10.1	General	152
D.10.2	Filling gas compartments with natural-origin gases	152
D.10.3	Topping-up gas compartments with natural-origin gases.....	153
D.10.4	Checking the quality of natural-origin gases.....	153
D.10.5	Recovery and reclaim of natural-origin gases	154
D.10.6	Rectifying the composition of natural-origin gas mixtures.....	154
D.11	Specifications for natural-origin gases needed for filling or topping-up electric power equipment	155
Annex E (informative)	C ₅ F ₁₀ O (C5-FK) in mixtures with N ₂ , CO ₂ , O ₂ (C5-FK mixtures)	156
E.1	Gas properties	156
E.1.1	General	156
E.1.2	Chemical properties.....	156
E.1.3	Physical properties	157
E.1.4	Insulating and switching behaviour	158
E.2	Safety and first aid.....	158
E.2.1	General	158
E.2.2	Protection of personnel.....	159
E.2.3	Handling of contaminated safety equipment and tools.....	161
E.2.4	Pressurised equipment and tools or measuring devices	161
E.2.5	Personal safety and protective equipment.....	162
E.2.6	Facilities and services	163
E.2.7	Additional safety measures in case of sudden release of C5-FK mixtures	163
E.2.8	First aid equipment and treatment	163
E.3	Environmental impact.....	164
E.3.1	General	164
E.3.2	Ecotoxicology	164
E.3.3	Ozone depletion	165
E.3.4	Global warming/climate change (greenhouse effect).....	165
E.3.5	Environmental impact of by-products	165
E.3.6	Decomposition by UV-light in the upper atmosphere	165
E.4	Training and certification.....	165
E.4.1	General	165
E.4.2	Training	166
E.4.3	Certification	167
E.5	Storage and transportation.....	167
E.5.1	General	167
E.5.2	Storage of containers filled with C5-FK or C5-FK mixtures.....	167
E.5.3	Transportation of containers filled with C5-FK or C5-FK mixtures	169
E.5.4	Storage and transportation of electrical power equipment containing C5-FK mixtures	171
E.5.5	Responsibilities	172
E.6	Description of handling equipment	172
E.6.1	General	172
E.6.2	Filters	174
E.6.3	Vacuum pump.....	175
E.6.4	Main and vacuum compressors.....	176

E.6.5	Outlet compressor	176
E.6.6	External and internal gas storage containers	176
E.6.7	Evaporator and gas storage container heater.....	176
E.6.8	Gas piping and pipe junctions	177
E.6.9	Control instruments	177
E.6.10	Safety valves	177
E.6.11	Flexible hose connections.....	177
E.6.12	Portable devices for gas measurement	177
E.6.13	Gas leakage tester	179
E.6.14	Gas concentration alarm systems	179
E.6.15	Gas sampling cylinders.....	179
E.6.16	Gas mixing unit.....	180
E.6.17	Gas filling unit	180
E.6.18	Gas recovery unit	180
E.6.19	Used gas storage and transportation devices.....	181
E.7	Reclaiming procedures	181
E.8	By-products	181
E.8.1	General	181
E.8.2	Decomposition of C5-FK mixtures.....	181
E.8.3	Corrosion behaviour of C5-FK mixtures and their by-products.....	183
E.8.4	Measures for the removal of by-products	183
E.8.5	Physiological characteristics of by-products.....	184
E.9	Procedure to evaluate the potential effects on health of gas components and by-products.....	184
E.9.1	General	184
E.9.2	Formation of by-products and health effects	185
E.10	Handling of C5-FK mixtures	194
E.10.1	General	194
E.10.2	Filling gas compartments with C5-FK mixtures.....	194
E.10.3	Topping-up gas compartments with C5-FK mixtures to the filling pressure for insulation and/or switching	195
E.10.4	Checking the quality of C5-FK mixtures	195
E.10.5	Recovery and reclaim of C5-FK mixtures	196
E.10.6	Rectifying the composition of C5-FK mixtures.....	196
E.11	Specifications for C5-FK mixtures needed for filling or topping-up electric power equipment	196
Annex F (informative)	C ₄ F ₇ N (C4-FN) in mixtures with N ₂ , CO ₂ , O ₂ (C4-FN mixtures)	197
F.1	Gas properties	197
F.1.1	General	197
F.1.2	Chemical properties.....	197
F.1.3	Physical properties	198
F.1.4	Insulating and switching behaviour	199
F.2	Safety and first aid.....	199
F.2.1	General	199
F.2.2	Protection of personnel.....	200
F.2.3	Handling of contaminated safety equipment and tools.....	202
F.2.4	Pressurised equipment and tools or measuring devices	202
F.2.5	Personal safety and protective equipment.....	202
F.2.6	Facilities and services	203

F.2.7	Additional safety measures in case of sudden release of C4-FN mixtures	203
F.2.8	First aid equipment and treatment	204
F.3	Environmental impact.....	204
F.3.1	General	204
F.3.2	Ecotoxicology	204
F.3.3	Ozone depletion	205
F.3.4	Global warming/climate change (greenhouse effect)	205
F.3.5	Environmental impact of by-products	205
F.3.6	Decomposition by UV-light in the upper atmosphere	206
F.4	Training and certification.....	206
F.4.1	General	206
F.4.2	Training	206
F.4.3	Certification	207
F.5	Storage and transportation.....	208
F.5.1	General	208
F.5.2	Storage of containers filled with C4-FN or C4-FN mixtures	208
F.5.3	Transportation of containers filled with C4-FN or C4-FN mixtures	210
F.5.4	Storage and transportation of electrical power equipment containing C4-FN mixtures	212
F.5.5	Responsibilities	213
F.6	Description of handling equipment	213
F.6.1	General	213
F.6.2	Filters	215
F.6.3	Vacuum pump.....	216
F.6.4	Main and vacuum compressors.....	217
F.6.5	Outlet compressor	217
F.6.6	External and internal gas storage containers	217
F.6.7	Evaporator and gas storage container heater.....	217
F.6.8	Gas piping and pipe junctions	218
F.6.9	Control instruments	218
F.6.10	Safety valves	218
F.6.11	Flexible hose connections.....	218
F.6.12	Portable devices for gas measurement	218
F.6.13	Gas leakage tester	220
F.6.14	Gas concentration alarm systems	220
F.6.15	Gas sampling cylinder	220
F.6.16	Gas mixing unit.....	221
F.6.17	Gas filling unit	221
F.6.18	Gas recovery unit	221
F.6.19	Used gas storage and transportation devices.....	222
F.7	Reclaiming procedures	222
F.8	By-products	222
F.8.1	General	222
F.8.2	Decomposition of C4-FN mixtures.....	222
F.8.3	Corrosion behaviour of C4-FN mixtures and their by-products	224
F.8.4	Measures for the removal of by-products	224
F.8.5	Physiological characteristics of by-products.....	225
F.9	Procedure to evaluate the potential effects on health of gas components and by-products.....	225

F.9.1	General	225
F.9.2	Formation of by-products and health effects	226
F.10	Handling of C4-FN mixtures	234
F.10.1	General	234
F.10.2	Filling gas compartments with C4-FN mixtures	234
F.10.3	Topping-up gas compartments with C4-FN mixtures to the filling pressure for insulation and/or switching	235
F.10.4	Checking the quality of C4-FN mixtures	236
F.10.5	Recovery and reclaim of C4-FN mixtures	236
F.10.6	Rectifying the composition of C4-FN mixtures	236
F.11	Specifications for C4-FN mixtures needed for filling or topping-up electric power equipment	236
	Bibliography	237
	Figure 1 – Evacuation, filling and checking of the quality of the gas after filling	31
	Figure 2 – Topping-up of pre-filled gas compartments to the filling pressure/density for insulation and/or switching	34
	Figure 3 – Topping-up of a gas to the filling pressure/density for insulation and/or switching	36
	Figure 4 – Example of recovery and reclaiming of non-arc'd or normally arc'd gas from any gas compartment	40
	Figure 5 – Example of recovery and reclaiming of heavily arc'd gas from any gas compartment	42
	Figure 6 – End-of-life of controlled or closed pressure systems	44
	Figure 7 – End-of-life of sealed pressure systems	45
	Figure 8 – Gas recovery and reclaiming at the end-of-life of sealed pressure systems	46
	Figure 9 – Dilution method	48
	Figure 10 – Dismantling of electric power equipment	49
	Figure A.1 – Pressure-temperature-density diagram for SF ₆	50
	Figure A.2 – Schematic view of an example of a handling equipment for SF ₆	61
	Figure B.1 – Schematic view of an example of a handling equipment for SF ₆ mixture	76
	Figure C.1 – Controlled release of compressed air	94
	Figure C.2 – Example of a gas filling and purifying device	99
	Figure D.1 – Schematic view of an example of a handling equipment for natural origin gases	131
	Figure E.1 – Structure of the C5-FK molecule	156
	Figure E.2 – Vapour pressure curve of C5-FK	157
	Figure E.3 – Schematic view of an example of a handling equipment for C5-FK mixture	173
	Figure F.1 – Structure of the C4-FN molecule	197
	Figure F.2 – Vapour pressure curve of C4-FN	198
	Figure F.3 – Schematic view of an example of a handling equipment for C4-FN mixture	214

Table 1 – Evacuation, filling and checking of the quality of the gas after filling	32
Table 2 – Topping-up of pre-filled gas compartments to the filling pressure/density for insulation and/or switching	35
Table 3 – Topping-up of a gas to the filling pressure/density for insulation and/or switching	37
Table 4 – Sampling and shipment of gases	38
Table 5 – Example of recovery and reclaiming of non-arced or normally arced gas from any gas compartment.....	41
Table 6 – Example of recovery and reclaiming of heavily arced gas from any gas compartment.....	43
Table 7 – Gas recovery at the end-of-life of sealed pressure systems	47
Table A.1 – Measures when working with SF ₆ electric power equipment.....	51
Table A.2 – Safety measures when opening or accessing gas compartments.....	52
Table A.3 – Examples of container types required for storage and transportation of SF ₆	58
Table A.4 – International regulations for shipment of SF ₆	59
Table A.5 – Gas measuring devices	64
Table B.1 – Main chemical characteristics of CF ₄ and N ₂	68
Table B.2 – Main physical characteristics of CF ₄ and N ₂	69
Table B.3 – Examples of container types required for storage and transportation of SF ₆ mixtures and their complementary gases	73
Table B.4 – International regulations for shipment of SF ₆ mixtures	74
Table B.5 – Gas measuring devices	78
Table C.1 – Main chemical characteristics of N ₂ and O ₂	83
Table C.2 – Typical physical characteristics of N ₂ and O ₂	84
Table C.3 – Measures when working with electric power equipment containing compressed air	85
Table C.4 – Safety measures when opening or accessing gas compartments	86
Table C.5 – Examples of container types required for storage and transportation of compressed air	92
Table C.6 – International regulations for shipment of compressed air.....	93
Table C.7 – Typical filter types used during release of compressed air to the atmosphere.....	95
Table C.8 – Gas measuring devices	97
Table C.9 – Exemplary filtering methods	100
Table C.10 – Typical adsorbents for various compressed air contaminants	100
Table C.11 – OELs for NO ₂ , NO, O ₃ and HNO ₃	106
Table C.12 – Example calculation of a normal leakage	109
Table C.13 – Example calculation of an abnormal leakage.....	111
Table C.14 – Example calculation for maintenance	112
Table D.1 – Main chemical characteristics of N ₂ , O ₂ and CO ₂	116
Table D.2 – Typical physical characteristics of N ₂ , O ₂ and CO ₂	117
Table D.3 – Measures when working with electric power equipment containing natural-origin gases	118
Table D.4 – Safety measures when opening or accessing gas compartments	119

Table D.5 – Examples of container types required for storage and transportation of natural-origin gases	127
Table D.6 – International regulations for shipment of natural-origin gases.....	128
Table D.7 – Typical filter types used during release of natural-origin gases to the atmosphere.....	132
Table D.8 – Gas measuring devices.....	135
Table D.9 – Exemplary filtering operations.....	139
Table D.10 – Typical adsorbents for various contaminants of natural-origin gases	139
Table D.11 – OELs for NO ₂ , NO, O ₃ , CO and HNO ₃	144
Table D.12 – Example calculation of a normal leakage	147
Table D.13 – Example calculation of an abnormal leakage.....	149
Table D.14 – Example calculation for maintenance	150
Table E.1 – Main chemical characteristics C5-FK	157
Table E.2 – Main physical characteristics of C5-FK.....	158
Table E.3 – Measures when working with electric power equipment containing C5-FK mixtures.....	159
Table E.4 – Safety measures when opening or accessing gas compartments.....	160
Table E.5 – Methods for storage of C5-FK	168
Table E.6 – Examples of container types required for storage / transportation of C5-FK	168
Table E.7 – Methods for storage of C5-FK mixtures	169
Table E.8 – Examples of container types required for storage / transportation of C5-FK mixtures.....	169
Table E.9 – International regulations for shipment of C5-FK.....	170
Table E.10 – International regulations for shipment of C5-FK mixtures	171
Table E.11 – Typical filter types	175
Table E.12 – Gas measuring devices	177
Table E.13 – OELs and LC50 values for C5-FK mixtures by-products	182
Table E.14 – Example calculation of a normal leakage.....	189
Table E.15 – Example calculation of an abnormal leakage.....	191
Table E.16 – Example calculation for maintenance	192
Table E.17 – TWA values of gas components	193
Table F.1 – Main chemical characteristics C4-FN.....	198
Table F.2 – Main physical characteristics of C4-FN.....	199
Table F.3 – Measures when working with electric power equipment containing C4-FN mixtures.....	200
Table F.4 – Safety measures when opening or accessing gas compartments.....	201
Table F.5 – Methods for storage of C4-FN	208
Table F.6 – Examples of container types required for storage / transportation of C4-FN	208
Table F.7 – Methods for storage of C4-FN mixtures	209
Table F.8 – Examples of container types required for storage and transportation of C4-FN mixtures	210
Table F.9 – International regulations for shipment of C4-FN.....	210
Table F.10 – International regulations for shipment of C4-FN mixtures	212
Table F.11 – Typical filter types	216
Table F.12 – Gas measuring devices	218

Table F.13 – OELs and LC50 values for C4-FN mixtures by-products	223
Table F.14 – Example calculation of a normal leakage.....	230
Table F.15 – Example calculation of an abnormal leakage	231
Table F.16 – Example calculation for maintenance	232
Table F.17 – TWA values of gas components	233

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 4: Handling procedures for gases for insulation and/or switching

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. To 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

IEC 62271-4 has been prepared by IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 62271-4 published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) title has been modified;
- b) handling procedures of alternatives to SF₆, which are used for insulation and/or switching, are added;
- c) the main clauses are independent from the type of gas;
- d) for each gas a separate annex describes gas specific information, handling procedures, safety measure, etc.;

- e) information about SF₆ (former Annex E) and about environmental effects of SF₆ and its mixtures (former Annex F) has been moved to IEC 60376;
- f) information about by-products of SF₆ and its mixtures (former Annex G), the procedure for evaluating the potential effects on health of by-products of SF₆ and its mixtures (former Annex H) and the cryogenic reclaim of SF₆ (former Annex I) have been moved to IEC 60480.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
17/1124/FDIS	17/1125/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

A list of all parts in the IEC 62271 series, published under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document can involve the use of a patent. IEC takes no position concerning the evidence, validity, and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured IEC that s/he is willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with IEC. Information can be obtained from the patent database available at <http://patents.iec.ch>.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document can be the subject of patent rights other than those in the patent database. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This document does not purport to address all the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this document to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

The gases for insulation and/or switching which are the subjects of this document should be handled in compliance with local regulations, suppliers safety data-sheets, the operating instruction manual of the manufacturer and the safety guidance of the user of the electric power equipment.

Considering the limited information for some of the data which appear in the informative Annex E and Annex F, the reader should be aware that the information related with possible by-products and their possible toxicological effects on health and on the environment is still a matter of study.

Within IEC TC 10 new standards about specifications of technical grade (IEC 63360) and re-use (IEC 63359) for alternatives to SF₆ are being prepared. Therefore, in a later revision of this standard, some of the information will be moved to these new standards, similarly as it has been done for SF₆ and SF₆ mixtures.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 4: Handling procedures for gases for insulation and/or switching

1 Scope

This part of IEC 62271 applies to the procedures for handling of gases for insulation and/or switching during installation, commissioning, repair, overhaul, normal and abnormal operations and disposal at the end-of-life of electric power equipment.

These procedures are regarded as minimum requirements to ensure the reliability of electric power equipment, the safety of personnel working with these gases and to minimize the impact on the environment. Additional requirements could be given or specified in the operating instruction manual of the manufacturer.

For each gas, which is known to be used in electric power equipment at the date of the publication of this document, a separate annex describes specifications, handling procedures, safety measures, etc. For gases not covered by these annexes the electric power equipment manufacturer should provide the information needed, following the structure of these annexes. Such gases should also be described in a next edition or in amendments to this edition.

NOTE 1 For the use of this document, high-voltage (HV) is defined as the rated voltage above 1 000 V. However, the term medium-voltage (MV) is commonly used for distribution systems with voltages above 1 kV and generally applied up to and including 52 kV.

NOTE 2 Throughout this document, the term “pressure” stands for “absolute pressure”.

NOTE 3 In this document, percentages of gaseous components, contaminants and by-products, are always percentages per volume, measured at 20 °C, if not otherwise indicated.

NOTE 4 Reference is also made to CIGRE Brochure 802 [1] ¹.

NOTE 5 For further details on gases, e.g. ecotoxicology, also refer to the chemical database of the European Chemicals Agency, ECHA (www.echa.europa.eu), which takes the actual tonnage band into consideration.

NOTE 6 If gases for insulation and/or switching are regulated, their designation and regulation origin can be found in the IEC 62474 database (available at <https://std.iec.ch/iec62474> [26]).

NOTE 7 When reference to circuit-breakers is made, only gas circuit-breakers are of interest. When vacuum circuit-breakers are of interest, they are explicitly mentioned.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050-212:2010, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 212: Electrical insulating solids, liquids and gases* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-212:2010/AMD1:2015

IEC 60050-212:2010/AMD2:2015

IEC 60050-212:2010/AMD3:2020

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

IEC 60050-426:2020, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Explosive atmospheres* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses* (available at www.electropedia.org)
IEC 60050-441:1984/AMD1:2000

IEC 60335-2-69:2021, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-69: Particular requirements for wet and dry vacuum cleaners, including power brush, for commercial use*

IEC 60376:2018, *Specification of technical grade sulphur hexafluoride (SF₆) and complementary gases to be used in its mixtures for use in electrical equipment*

IEC 60480:2019, *Specifications for the re-use of sulphur hexafluoride (SF₆) and its mixtures in electrical equipment*

IEC 62271-1:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*
IEC 62271-1:2017/AMD1:2021

ISO 8573-1:2010, *Compressed air – Part 1: Contaminants and purity classes*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	253
INTRODUCTION.....	255
1 Domaine d'application	256
2 Références normatives	256
3 Termes et définitions	257
3.1 Termes généraux et définitions	257
3.2 Termes et définitions pour SF ₆	262
3.3 Termes et définitions pour les mélanges de SF ₆	263
3.4 Termes et définitions pour l'air comprimé	264
3.5 Termes et définitions pour les gaz d'origine naturelle	265
3.6 Termes et définitions pour le C ₅ F ₁₀ O (C5-FK) dans les mélanges avec N ₂ , CO ₂ , O ₂ (mélanges C5-FK)	266
3.7 Termes et définitions pour le C ₄ F ₇ N (C4-FN) dans les mélanges avec N ₂ , CO ₂ , O ₂ (mélanges C4-FN)	267
4 Manipulation du gaz au cours de l'installation, la mise en service et après la réparation ou la révision sur site	268
4.1 Généralités	268
4.2 Évacuation, remplissage et vérification de la qualité	269
4.3 Remplissage des compartiments sous gaz préremplis à la pression/densité de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation.....	272
4.4 Remplissage des systèmes à pression scellé.....	274
5 Manipulation du gaz pendant la durée de vie normale	274
5.1 Remplissage de gaz à la pression/densité de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation.....	274
5.2 Vérification de la qualité du gaz	276
5.2.1 Généralités	276
5.2.2 Mesurage sur site de la qualité des gaz au moyen d'appareils de mesure portables.....	276
5.2.3 Échantillonnage et transport du gaz pour une analyse hors site	277
5.3 Rectification de la composition d'un mélange de gaz	278
6 Récupération et régénération des gaz au cours des opérations de maintenance, de réparation, de révision ou de démontage sur site	278
6.1 Généralités	278
6.2 Récupération et régénération des gaz très faiblement ou faiblement décomposés depuis un quelconque compartiment sous gaz.....	279
6.3 Récupération et régénération depuis un quelconque compartiment sous gaz contenant un gaz fortement décomposé	281
7 Fin de vie de l'appareillage électrique.....	283
7.1 Généralités	283
7.2 Fin du cycle de vie des systèmes à pression autonome ou entretenue	284
7.3 Fin du cycle de vie des systèmes à pression scellés	284
7.4 Récupération et régénération du gaz en fin de vie des systèmes à pression scellés	285
7.5 Démontage de l'appareillage électrique (informative)	289
Annexe A (informative) Hexafluorure de soufre (SF ₆).....	291
A.1 Propriétés gazeuses	291
A.2 Sécurité et premiers soins	291

A.2.1	Généralités	291
A.2.2	Protection du personnel	293
A.2.3	Manipulation de matériels et d'outils de sécurité contaminés	294
A.2.4	Matériel et outils ou dispositifs de mesure sous pression	294
A.2.5	Équipement de sécurité et de protection du personnel	294
A.2.6	Équipements et services	295
A.2.7	Mesures de sécurité supplémentaires dans le cas d'un rejet soudain de SF ₆	295
A.2.8	Équipements et traitement de premiers soins	296
A.3	Impact sur l'environnement	297
A.4	Formation et certification	297
A.4.1	Généralités	297
A.4.2	Formation	297
A.4.3	Certification	299
A.5	Stockage et transport	299
A.5.1	Généralités	299
A.5.2	Stockage des récipients remplis de SF ₆	299
A.5.3	Transport des récipients remplis de SF ₆	300
A.5.4	Stockage et transport de l'appareillage électrique contenant du SF ₆	301
A.5.5	Responsabilités	302
A.6	Description des appareils de manipulation	302
A.6.1	Généralités	302
A.6.2	Filtres	303
A.6.3	Pompe à vide	304
A.6.4	Compresseur principal et à vide	305
A.6.5	Compresseur de sortie	305
A.6.6	Récipients de stockage de gaz externes et internes	305
A.6.7	Évaporateur et appareil de chauffage des récipients de stockage de gaz	305
A.6.8	Conduites de gaz et connexions de tuyauteries	306
A.6.9	Instruments de contrôle	306
A.6.10	Soupapes de sûreté	306
A.6.11	Connexions de tuyaux flexibles	306
A.6.12	Dispositifs portables de mesure de gaz	306
A.6.13	Contrôleur de fuite de gaz	309
A.6.14	Systèmes d'alarme de concentration en gaz	309
A.6.15	Bouteilles d'échantillonnage de gaz	309
A.7	Procédures de régénération	309
A.8	Produits de décomposition	309
A.9	Procédure d'évaluation des effets potentiels des produits de décomposition sur la santé	310
A.10	Manipulation du SF ₆	310
A.10.1	Généralités	310
A.10.2	Remplissage de compartiments sous gaz avec du SF ₆	310
A.10.3	Complément de remplissage des compartiments sous gaz avec du SF ₆ à la pression de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	310
A.10.4	Vérification de la qualité du SF ₆	310
A.10.5	Récupération et régénération du SF ₆	310

A.11	Spécifications du SF ₆ nécessaire au remplissage ou au complément de remplissage de l'appareillage électrique.....	310
Annexe B (informative)	Mélanges de SF ₆	311
B.1	Propriétés gazeuses	311
B.1.1	Généralités	311
B.1.2	Propriétés chimiques	311
B.1.3	Propriétés physiques	312
B.1.4	Comportement d'isolation et de commutation.....	312
B.2	Sécurité et premiers soins	313
B.2.1	Généralités	313
B.2.2	Protection du personnel.....	313
B.2.3	Manipulation de matériels et d'outils de sécurité contaminés	313
B.2.4	Matériel et outils ou dispositifs de mesure sous pression.....	313
B.2.5	Équipement de sécurité et de protection du personnel.....	313
B.2.6	Équipements et services.....	313
B.2.7	Mesures de sécurité supplémentaires dans le cas d'un rejet soudain de mélanges de SF ₆	313
B.2.8	Équipements et traitement de premiers soins	313
B.3	Impact sur l'environnement	313
B.4	Formation et certification	314
B.4.1	Généralités	314
B.4.2	Formation	314
B.4.3	Certification	314
B.5	Stockage et transport.....	314
B.5.1	Généralités	314
B.5.2	Stockage des récipients remplis de mélange de SF ₆	315
B.5.3	Transport des récipients remplis de mélange de SF ₆	317
B.5.4	Stockage et transport de l'appareillage électrique contenant du mélange de SF ₆	319
B.5.5	Responsabilités	319
B.6	Description des appareils de manipulation	319
B.6.1	Généralités	319
B.6.2	Filtres	321
B.6.3	Pompe à vide	321
B.6.4	Compresseur principal et à vide.....	321
B.6.5	Compresseur de sortie	321
B.6.6	Récipients de stockage de gaz externes et internes	321
B.6.7	Évaporateur et appareil de chauffage des récipients de stockage de gaz.....	321
B.6.8	Conduites de gaz et connexions de tuyauteries	321
B.6.9	Instruments de contrôle	321
B.6.10	Soupapes de sûreté.....	321
B.6.11	Connexions de tuyaux flexibles.....	321
B.6.12	Dispositifs portables de mesure de gaz	321
B.6.13	Contrôleur de fuite de gaz	322
B.6.14	Systèmes d'alarme de concentration en gaz	323
B.6.15	Bouteilles d'échantillonnage de gaz	323
B.6.16	Unité de mélange de gaz	323
B.7	Procédures de régénération	323

B.8	Produits de décomposition	323
B.9	Procédure d'évaluation des effets potentiels des produits de décomposition sur la santé	323
B.10	Manipulation des mélanges de SF ₆	324
B.10.1	Généralités	324
B.10.2	Remplissage de compartiments sous gaz avec du mélange de SF ₆	324
B.10.3	Complément de remplissage des compartiments sous gaz avec des mélanges de SF ₆ à la pression de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	325
B.10.4	Vérification de la qualité des mélanges de SF ₆	325
B.10.5	Récupération et régénération des mélanges de SF ₆	326
B.10.6	Rectification de la composition des mélanges de SF ₆	326
B.11	Spécifications des mélanges de SF ₆ nécessaires au remplissage ou au complément de remplissage de l'appareillage électrique	327
Annexe C (informative)	Air comprimé	328
C.1	Propriétés gazeuses	328
C.1.1	Généralités	328
C.1.2	Propriétés chimiques	328
C.1.3	Propriétés physiques	328
C.1.4	Comportement d'isolation et de commutation	329
C.2	Sécurité et premiers soins	329
C.2.1	Généralités	329
C.2.2	Protection du personnel	330
C.2.3	Manipulation de matériels et d'outils de sécurité contaminés	331
C.2.4	Matériel et outils ou dispositifs de mesure sous pression	332
C.2.5	Équipement de sécurité et de protection du personnel	332
C.2.6	Équipements et services	333
C.2.7	Mesures de sécurité supplémentaires dans le cas d'un rejet soudain d'air comprimé	333
C.2.8	Équipements et traitement de premiers soins	333
C.3	Impact sur l'environnement	334
C.3.1	Généralités	334
C.3.2	Écotoxicologie	334
C.3.3	Appauvrissement en ozone	335
C.3.4	Réchauffement de la planète/changement climatique (effet de serre)	335
C.3.5	Impact des produits de décomposition sur l'environnement	335
C.4	Formation et certification	335
C.4.1	Généralités	335
C.4.2	Formation	336
C.4.3	Certification	337
C.5	Stockage et transport	337
C.5.1	Généralités	337
C.5.2	Stockage des récipients remplis d'air comprimé	337
C.5.3	Transport des récipients remplis d'air comprimé	338
C.5.4	Stockage et transport de l'appareillage électrique contenant de l'air comprimé	339
C.5.5	Responsabilités	339
C.6	Description des appareils de manipulation	339
C.6.1	Généralités	339

C.6.2	Filtres	340
C.6.3	Pompe à vide	341
C.6.4	Compresseurs principal et à vide	342
C.6.5	Compresseur de sortie	342
C.6.6	Récipients de stockage de gaz externes et internes	342
C.6.7	Évaporateur et appareil de chauffage des récipients de stockage de gaz.....	342
C.6.8	Conduites de gaz et connexions de tuyauteries	342
C.6.9	Instruments de contrôle	343
C.6.10	Soupapes de sûreté.....	343
C.6.11	Connexions de tuyaux flexibles.....	343
C.6.12	Dispositifs portables de mesure de gaz	343
C.6.13	Contrôleur de fuite de gaz	345
C.6.14	Systèmes d'alarme de concentration en gaz	345
C.6.15	Bouteilles d'échantillonnage de gaz	345
C.6.16	Appareil de purification et de remplissage de gaz	345
C.7	Procédures de régénération	346
C.7.1	Généralités	346
C.7.2	Recommandations en matière de filtrage	346
C.7.3	Transport par route d'air comprimé usagé dans des bouteilles de gaz et des récipients	347
C.8	Produits de décomposition	347
C.8.1	Généralités	347
C.8.2	Décomposition de l'air comprimé	348
C.8.3	Comportement de corrosion de l'air comprimé et de ses produits de décomposition	349
C.8.4	Mesures pour le retrait des produits de décomposition	349
C.8.5	Caractéristiques physiologiques des produits de décomposition	349
C.9	Procédure d'évaluation des effets potentiels des produits de décomposition sur la santé	350
C.9.1	Généralités	350
C.9.2	Formation de produits de décomposition et effets sur la santé	351
C.10	Manipulation de l'air comprimé.....	361
C.10.1	Généralités	361
C.10.2	Remplissage de compartiments sous gaz avec de l'air comprimé	361
C.10.3	Complément de remplissage des compartiments sous gaz avec de l'air comprimé à la pression de remplissage pour l'isolation et/ou la coupure.....	361
C.10.4	Vérification de la qualité de l'air comprimé.....	362
C.10.5	Récupération et régénération des mélanges contenant de l'air comprimé.....	362
C.11	Spécifications de l'air comprimé nécessaire au remplissage ou au complément de remplissage de l'appareillage électrique	362
Annexe D (informative)	Gaz d'origine naturelle	363
D.1	Propriétés gazeuses	363
D.1.1	Généralités	363
D.1.2	Propriétés chimiques	363
D.1.3	Propriétés physiques	363
D.1.4	Comportement d'isolation et de commutation.....	364
D.2	Sécurité et premiers soins	365
D.2.1	Généralités	365
D.2.2	Protection du personnel.....	366

D.2.3	Manipulation de matériels et d'outils de sécurité contaminés	368
D.2.4	Matériel et outils ou dispositifs de mesure sous pression	368
D.2.5	Équipement de sécurité et de protection du personnel	368
D.2.6	Équipements et services	370
D.2.7	Mesures de sécurité supplémentaires dans le cas d'un rejet soudain de gaz d'origine naturelle	370
D.2.8	Équipements et traitement de premiers soins	370
D.3	Impact sur l'environnement	371
D.3.1	Généralités	371
D.3.2	Écotoxicologie	371
D.3.3	Appauvrissement en ozone	372
D.3.4	Réchauffement de la planète/changement climatique (effet de serre)	372
D.3.5	Impact des produits de décomposition sur l'environnement	372
D.4	Formation et certification	373
D.4.1	Généralités	373
D.4.2	Formation	373
D.4.3	Certification	374
D.5	Stockage et transport	374
D.5.1	Généralités	374
D.5.2	Stockage des récipients remplis de gaz d'origine naturelle	375
D.5.3	Transport des récipients remplis de gaz d'origine naturelle	376
D.5.4	Stockage et transport de l'appareillage électrique contenant des gaz d'origine naturelle	377
D.5.5	Responsabilités	378
D.6	Description des appareils de manipulation	378
D.6.1	Généralités	378
D.6.2	Filtres	381
D.6.3	Pompe à vide	382
D.6.4	Compresseur principal et à vide	382
D.6.5	Compresseur de sortie	383
D.6.6	Récipient de stockage de gaz externe et interne	383
D.6.7	Évaporateur et appareil de chauffage des récipients de stockage de gaz	383
D.6.8	Conduites de gaz et connexions de tuyauteries	383
D.6.9	Instruments de contrôle	383
D.6.10	Soupapes de sûreté	384
D.6.11	Connexions de tuyaux flexibles	384
D.6.12	Dispositifs portables de mesure de gaz	384
D.6.13	Contrôleur de fuite de gaz	386
D.6.14	Systèmes d'alarme de concentration en gaz	386
D.6.15	Bouteilles d'échantillonnage de gaz	387
D.6.16	Unité de mélange de gaz	387
D.6.17	Unité de remplissage de gaz	387
D.6.18	Unité de récupération de gaz	387
D.6.19	Dispositifs de stockage et de transport du gaz usagé	387
D.7	Procédures de régénération	388
D.7.1	Généralités	388
D.7.2	Recommandations en matière de filtrage	388
D.7.3	Transport par route de gaz d'origine naturelle usagés dans des bouteilles de gaz et des récipients	389
D.8	Produits de décomposition	389

D.8.1	Généralités	389
D.8.2	Décomposition des gaz d'origine naturelle	390
D.8.3	Comportement de corrosion des gaz d'origine naturelle et de leurs produits de décomposition	390
D.8.4	Mesures pour le retrait des produits de décomposition	391
D.8.5	Caractéristiques physiologiques des produits de décomposition	391
D.9	Procédure d'évaluation des effets potentiels des composants gazeux et des produits de décomposition sur la santé	392
D.9.1	Généralités	392
D.9.2	Formation de produits de décomposition et effets sur la santé	392
D.10	Manipulation des gaz d'origine naturelle	403
D.10.1	Généralités	403
D.10.2	Remplissage de compartiments sous gaz avec des gaz d'origine naturelle	403
D.10.3	Complément de remplissage de compartiments sous gaz avec des gaz d'origine naturelle	404
D.10.4	Vérification de la qualité des gaz d'origine naturelle	405
D.10.5	Récupération et régénération des gaz d'origine naturelle	405
D.10.6	Rectification de la composition des mélanges de gaz d'origine naturelle	405
D.11	Spécifications des gaz d'origine naturelle nécessaires au remplissage ou au complément de remplissage de l'appareillage électrique	406
Annexe E (informative)	C ₅ F ₁₀ O (C5-FK) dans les mélanges avec N ₂ , CO ₂ , O ₂ (mélanges C5-FK)	407
E.1	Propriétés gazeuses	407
E.1.1	Généralités	407
E.1.2	Propriétés chimiques	407
E.1.3	Propriétés physiques	408
E.1.4	Comportement d'isolation et de commutation	409
E.2	Sécurité et premiers soins	409
E.2.1	Généralités	409
E.2.2	Protection du personnel	411
E.2.3	Manipulation de matériels et d'outils de sécurité contaminés	413
E.2.4	Matériel et outils ou dispositifs de mesure sous pression	414
E.2.5	Équipement de sécurité et de protection du personnel	414
E.2.6	Équipements et services	415
E.2.7	Mesures de sécurité supplémentaires dans le cas d'un rejet soudain de mélanges de C5-FK	415
E.2.8	Équipements et traitement de premiers soins	415
E.3	Impact sur l'environnement	416
E.3.1	Généralités	416
E.3.2	Écotoxicologie	416
E.3.3	Appauvrissement en ozone	417
E.3.4	Réchauffement de la planète/changement climatique (effet de serre)	417
E.3.5	Impact des produits de décomposition sur l'environnement	417
E.3.6	Décomposition par les ultraviolets dans l'atmosphère supérieure	418
E.4	Formation et certification	418
E.4.1	Généralités	418
E.4.2	Formation	418
E.4.3	Certification	419
E.5	Stockage et transport	420

E.5.1	Généralités	420
E.5.2	Stockage des récipients remplis de C5-FK ou de mélanges de C5-FK	420
E.5.3	Transport des récipients remplis de C5-FK ou de mélanges de C5-FK	422
E.5.4	Stockage et transport de l'appareillage électrique rempli de mélanges de C5-FK	425
E.5.5	Responsabilités	425
E.6	Description des appareils de manipulation	425
E.6.1	Généralités	425
E.6.2	Filtres	429
E.6.3	Pompe à vide	430
E.6.4	Compresseur principal et à vide	430
E.6.5	Compresseur de sortie	430
E.6.6	Récipients de stockage de gaz externes et internes	431
E.6.7	Évaporateur et appareil de chauffage des récipients de stockage de gaz	431
E.6.8	Conduites de gaz et connexions de tuyauteries	431
E.6.9	Instruments de contrôle	431
E.6.10	Soupapes de sûreté	431
E.6.11	Connexions de tuyaux flexibles	431
E.6.12	Dispositifs portables de mesure de gaz	432
E.6.13	Contrôleur de fuite de gaz	434
E.6.14	Systèmes d'alarme de concentration en gaz	434
E.6.15	Bouteilles d'échantillonnage de gaz	434
E.6.16	Unité de mélange de gaz	435
E.6.17	Unité de remplissage de gaz	435
E.6.18	Unité de récupération de gaz	435
E.6.19	Dispositifs de stockage et de transport du gaz usagé	436
E.7	Procédures de régénération	436
E.8	Produits de décomposition	436
E.8.1	Généralités	436
E.8.2	Décomposition des mélanges de C5-FK	436
E.8.3	Comportement de corrosion des mélanges de C5-FK et de leurs produits de décomposition	438
E.8.4	Mesures pour le retrait des produits de décomposition	439
E.8.5	Caractéristiques physiologiques des produits de décomposition	439
E.9	Procédure d'évaluation des effets potentiels des composants gazeux et des produits de décomposition sur la santé	440
E.9.1	Généralités	440
E.9.2	Formation de produits de décomposition et effets sur la santé	440
E.10	Manipulation des mélanges de C5-FK	450
E.10.1	Généralités	450
E.10.2	Remplissage de compartiments sous gaz avec des mélanges de C5-FK	450
E.10.3	Complément de remplissage des compartiments sous gaz avec des mélanges de C5-FK à la pression de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	451
E.10.4	Vérification de la qualité des mélanges de C5-FK	451
E.10.5	Récupération et régénération des mélanges de C5-FK	452
E.10.6	Rectification de la composition des mélanges de C5-FK	452
E.11	Spécifications des mélanges de C5-FK nécessaires au remplissage ou au complément de remplissage de l'appareillage électrique	453

Annexe F (informative) C₄F₇N (C4-FN) dans les mélanges avec N₂, CO₂, O₂

(mélanges C4-FN)	454
F.1 Propriétés gazeuses	454
F.1.1 Généralités	454
F.1.2 Propriétés chimiques	454
F.1.3 Propriétés physiques	455
F.1.4 Comportement d'isolation et de commutation	456
F.2 Sécurité et premiers soins	456
F.2.1 Généralités	456
F.2.2 Protection du personnel	457
F.2.3 Manipulation de matériels et d'outils de sécurité contaminés	459
F.2.4 Matériel et outils ou dispositifs de mesure sous pression	459
F.2.5 Équipement de sécurité et de protection du personnel	460
F.2.6 Équipements et services	461
F.2.7 Mesures de sécurité supplémentaires dans le cas d'un rejet soudain de mélanges de C4-FN	461
F.2.8 Équipements et traitement de premiers soins	461
F.3 Impact sur l'environnement	462
F.3.1 Généralités	462
F.3.2 Écotoxicologie	462
F.3.3 Appauvrissement en ozone	463
F.3.4 Réchauffement de la planète/changement climatique (effet de serre)	463
F.3.5 Impact des produits de décomposition sur l'environnement	463
F.3.6 Décomposition par les ultraviolets dans l'atmosphère supérieure	463
F.4 Formation et certification	464
F.4.1 Généralités	464
F.4.2 Formation	464
F.4.3 Certification	465
F.5 Stockage et transport	465
F.5.1 Généralités	465
F.5.2 Stockage des récipients remplis de C4-FN ou de mélanges de C4-FN	466
F.5.3 Transport des récipients remplis de C4-FN ou de mélanges de C4-FN	468
F.5.4 Stockage et transport de l'appareillage électrique rempli de mélanges de C4-FN	470
F.5.5 Responsabilités	471
F.6 Description des appareils de manipulation	471
F.6.1 Généralités	471
F.6.2 Filtres	473
F.6.3 Pompe à vide	474
F.6.4 Compresseurs principal et à vide	475
F.6.5 Compresseur de sortie	475
F.6.6 Récipients de stockage de gaz externes et internes	475
F.6.7 Évaporateur et appareil de chauffage des récipients de stockage de gaz	476
F.6.8 Conduites de gaz et connexions de tuyauteries	476
F.6.9 Instruments de contrôle	476
F.6.10 Soupapes de sûreté	476
F.6.11 Connexions de tuyaux flexibles	476
F.6.12 Dispositifs portables de mesure de gaz	476
F.6.13 Contrôleur de fuite de gaz	479

F.6.14	Systèmes d'alarme de concentration en gaz	479
F.6.15	Bouteille d'échantillonnage de gaz	479
F.6.16	Unité de mélange de gaz	479
F.6.17	Unité de remplissage de gaz	480
F.6.18	Unité de récupération de gaz	480
F.6.19	Dispositifs de stockage et de transport du gaz usagé	480
F.7	Procédures de régénération	481
F.8	Produits de décomposition	481
F.8.1	Généralités	481
F.8.2	Décomposition des mélanges de C4-FN	481
F.8.3	Comportement de corrosion des mélanges de C4-FN et de leurs produits de décomposition	483
F.8.4	Mesures pour le retrait des produits de décomposition	483
F.8.5	Caractéristiques physiologiques des produits de décomposition	484
F.9	Procédure d'évaluation des effets potentiels des composants gazeux et des produits de décomposition sur la santé	484
F.9.1	Généralités	484
F.9.2	Formation de produits de décomposition et effets sur la santé	485
F.10	Manipulation des mélanges de C4-FN	495
F.10.1	Généralités	495
F.10.2	Remplissage de compartiments sous gaz avec des mélanges de C4-FN	496
F.10.3	Complément de remplissage des compartiments sous gaz avec des mélanges de C4-FN à la pression de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	497
F.10.4	Vérification de la qualité des mélanges de C4-FN	497
F.10.5	Récupération et régénération des mélanges de C4-FN	497
F.10.6	Rectification de la composition des mélanges de C4-FN	498
F.11	Spécifications des mélanges de C4-FN nécessaires au remplissage ou au complément de remplissage de l'appareillage électrique	498
Bibliographie		499

Figure 1 – Évacuation, remplissage et vérification de la qualité du gaz après remplissage	270
Figure 2 – Remplissage des compartiments sous gaz préremplis à la pression/densité de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	273
Figure 3 – Complément de remplissage de gaz à la pression/densité de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	275
Figure 4 – Exemple de récupération et de régénération des gaz très faiblement ou faiblement décomposés depuis un quelconque compartiment sous gaz	280
Figure 5 – Exemple de récupération et de régénération des gaz fortement décomposés depuis un quelconque compartiment sous gaz	282
Figure 6 – Fin du cycle de vie des systèmes à pression autonome ou entretenue	284
Figure 7 – Fin du cycle de vie des systèmes à pression scellés	285
Figure 8 – Récupération et régénération du gaz en fin de vie des systèmes à pression scellés	286
Figure 9 – Méthode de dilution	288
Figure 10 – Démontage d'un appareillage électrique	289
Figure A.1 – Schéma pression-température-densité du SF ₆	291
Figure A.2 – Vue schématique d'un exemple d'appareil de manipulation du SF ₆	303

Figure B.1 – Vue schématique d'un exemple d'appareil de manipulation du mélange de SF ₆	320
Figure C.1 – Rejet contrôlé d'air comprimé	340
Figure C.2 – Exemple d'appareil de purification et de remplissage de gaz	346
Figure D.1 – Vue schématique d'un exemple d'appareil de manipulation des gaz d'origine naturelle	380
Figure E.1 – Structure de la molécule de C5-FK	407
Figure E.2 – Courbe de pression de vapeur du C5-FK	408
Figure E.3 – Vue schématique d'un exemple d'appareil de manipulation du mélange de C5-FK	427
Figure F.1 – Structure de la molécule de C4-FN	454
Figure F.2 – Courbe de pression de vapeur du C4-FN	455
Figure F.3 – Vue schématique d'un exemple d'appareil de manipulation du mélange de C4-FN	472
Tableau 1 – Évacuation, remplissage et vérification de la qualité du gaz après.....	271
Tableau 2 – Remplissage des compartiments sous gaz préremplis à la pression/densité de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	274
Tableau 3 – Complément de remplissage de gaz à la pression/densité de remplissage pour l'isolation et/ou la commutation	276
Tableau 4 – Échantillonnage et transport des gaz.....	278
Tableau 5 – Exemple de récupération et de régénération des gaz très faiblement ou faiblement décomposés depuis un quelconque compartiment sous gaz	281
Tableau 6 – Exemple de récupération et de régénération de gaz fortement décomposé depuis un quelconque compartiment sous gaz	283
Tableau 7 – Récupération du gaz en fin de vie des systèmes à pression scellés.....	287
Tableau A.1 – Mesures à appliquer pour toute tâche exécutée sur un appareillage électrique contenant du SF ₆	292
Tableau A.2 – Mesures de sécurité lors de l'ouverture ou de l'accès dans les compartiments sous gaz	293
Tableau A.3 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport du SF ₆	300
Tableau A.4 – Règlements internationaux applicables au transport du SF ₆	301
Tableau A.5 – Dispositifs de mesure de gaz	307
Tableau B.1 – Principales caractéristiques chimiques du CF ₄ et N ₂	311
Tableau B.2 – Principales caractéristiques physiques du CF ₄ et N ₂	312
Tableau B.3 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport des mélanges de SF ₆ et de leurs gaz complémentaires	316
Tableau B.4 – Règlements internationaux applicables au transport des mélanges de SF ₆	318
Tableau B.5 – Dispositifs de mesure de gaz	322
Tableau C.1 – Principales caractéristiques chimiques du N ₂ et de l'O ₂	328
Tableau C.2 – Principales caractéristiques physiques du N ₂ et de l'O ₂	329
Tableau C.3 – Mesures à appliquer lors de l'utilisation de l'appareillage électrique contenant de l'air comprimé	330

Tableau C.4 – Mesures de sécurité lors de l'ouverture ou de l'accès dans les compartiments sous gaz	331
Tableau C.5 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport de l'air comprimé	338
Tableau C.6 – Règlements internationaux applicables au transport d'air comprimé de qualité technique et usagé	339
Tableau C.7 – Types de filtres classiques utilisés lors du rejet de l'air comprimé dans l'atmosphère	341
Tableau C.8 – Dispositifs de mesure de gaz	343
Tableau C.9 – Exemples de méthodes de filtrage	347
Tableau C.10 – Absorbants types des différents polluants de l'air comprimé	347
Tableau C.11 – OEL pour NO ₂ , NO, O ₃ et HNO ₃	353
Tableau C.12 – Exemple de calcul d'une fuite normale	356
Tableau C.13 – Exemple de calcul d'une fuite anormale	358
Tableau C.14 – Exemple de calcul pour la maintenance	359
Tableau D.1 – Principales caractéristiques chimiques de N ₂ , O ₂ et CO ₂	363
Tableau D.2 – Caractéristiques physiques types du N ₂ , O ₂ et CO ₂	364
Tableau D.3 – Mesures à appliquer lors de l'utilisation de l'appareillage électrique contenant des gaz d'origine naturelle	365
Tableau D.4 – Mesures de sécurité lors de l'ouverture ou de l'accès dans les compartiments sous gaz	367
Tableau D.5 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport de gaz d'origine naturelle	376
Tableau D.6 – Règlements internationaux applicables au transport de gaz d'origine naturelle	377
Tableau D.7 – Types de filtres classiques utilisés lors du rejet des gaz d'origine naturelle dans l'atmosphère	381
Tableau D.8 – Dispositifs de mesure de gaz	384
Tableau D.9 – Exemples d'opérations de filtrage	389
Tableau D.10 – Absorbants types des différents polluants des gaz d'origine naturelle	389
Tableau D.11 – OEL pour NO ₂ , NO, O ₃ , CO et HNO ₃	395
Tableau D.12 – Exemple de calcul d'une fuite normale	398
Tableau D.13 – Exemple de calcul d'une fuite anormale	400
Tableau D.14 – Exemple de calcul pour la maintenance	401
Tableau E.1 – Principales caractéristiques chimiques du C5-FK	408
Tableau E.2 – Principales caractéristiques physiques du C5-FK	409
Tableau E.3 – Mesures à appliquer lors de l'utilisation de l'appareillage électrique contenant des mélanges de C5-FK	410
Tableau E.4 – Mesures de sécurité lors de l'ouverture ou de l'accès dans les compartiments sous gaz	412
Tableau E.5 – Méthodes de stockage du C5-FK	420
Tableau E.6 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport du C5-FK	421
Tableau E.7 – Méthodes de stockage des mélanges de C5-FK	421
Tableau E.8 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport des mélanges de C5-FK	422

Tableau E.9 – Règlements internationaux applicables au transport du C5-FK	422
Tableau E.10 – Règlements internationaux applicables au transport des mélanges de C5-FK	424
Tableau E.11 – Types de filtres classiques	429
Tableau E.12 – Dispositifs de mesure de gaz	432
Tableau E.13 – Limites d'exposition professionnelle et valeurs LC50 des produits de décomposition des mélanges de C5-FK	438
Tableau E.14 – Exemple de calcul d'une fuite normale	445
Tableau E.15 – Exemple de calcul d'une fuite anormale.....	447
Tableau E.16 – Exemple de calcul pour la maintenance.....	448
Tableau E.17 – Valeurs TWA des composants gazeux.....	449
Tableau F.1 – Principales caractéristiques chimiques du C4-FN	455
Tableau F.2 – Principales caractéristiques physiques du C4-FN	456
Tableau F.3 – Mesures à appliquer lors de l'utilisation de l'appareillage électrique contenant des mélanges de C4-FN	457
Tableau F.4 – Mesures de sécurité lors de l'ouverture ou de l'accès dans les compartiments sous gaz	458
Tableau F.5 – Méthode de stockage du C4-FN	466
Tableau F.6 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport du C4-FN	466
Tableau F.7 – Méthodes de stockage des mélanges de C4-FN	467
Tableau F.8 – Exemples de types de récipients exigés pour le stockage et le transport des mélanges de C4-FN	468
Tableau F.9 – Règlements internationaux applicables au transport du C4-FN	468
Tableau F.10 – Règlements internationaux applicables au transport des mélanges de C4-FN	470
Tableau F.11 – Types de filtres classiques	474
Tableau F.12 – Dispositifs de mesure de gaz.....	477
Tableau F.13 – Limites d'exposition professionnelle et valeurs LC50 des produits de décomposition des mélanges de C4-FN	482
Tableau F.14 – Exemple de calcul d'une fuite normale.....	490
Tableau F.15 – Exemple de calcul d'une fuite anormale.....	492
Tableau F.16 – Exemple de calcul pour la maintenance.....	493
Tableau F.17 – Valeurs TWA des composants gazeux.....	495

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 4: Procédures de manipulation des gaz pour l'isolation et/ou la commutation

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62271-4 a été établie par le comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage haute tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition de l'IEC 62271-4 parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) l'intitulé a été modifié;
- b) les procédures de manipulation des alternatives au SF₆, utilisés pour l'isolation et/ou la commutation, sont ajoutées;
- c) les principaux articles sont indépendants du type de gaz;
- d) pour chaque gaz, une annexe distincte présente les informations spécifiques au gaz, les procédures de manipulation, les mesures de sécurité, etc.;
- e) les informations relatives au SF₆ (ancienne Annexe E) et aux effets sur l'environnement du SF₆ et de ses mélanges (ancienne Annexe F) ont été déplacées vers l'IEC 60376;
- f) les informations relatives aux produits de décomposition du SF₆ et de ses mélanges (ancienne Annexe G), la procédure d'évaluation des effets potentiels sur la santé des produits de décomposition du SF₆ et de ses mélanges (ancienne Annexe H) et la régénération cryogénique du SF₆ (ancienne Annexe I) ont été déplacées vers l'IEC 60480.

Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
17/1124/FDIS	17/1125/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

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

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous <http://webstore.iec.ch> dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

INTRODUCTION

La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation d'un brevet. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à l'IEC qu'il/elle consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier dans conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à l'IEC. Des informations peuvent être obtenues dans la base de données des brevets à l'adresse <http://patents.iec.ch>.

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été mentionnés dans la base de données de brevets. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Le présent document n'a pas vocation à traiter des problèmes de sécurité liés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur du présent document d'exercer des pratiques sanitaires et de sécurité adaptées et de déterminer l'aplicabilité des limites réglementaires avant toute utilisation.

Il convient de manipuler les gaz pour l'isolation et/ou la commutation, objets présent document, conformément aux règlements locaux, aux fiches techniques de sécurité des fournisseurs, manuel d'instructions d'exploitation du fabricant et aux recommandations relatives à la sécurité de l'utilisateur de l'appareillage électrique.

Les informations sur certaines données de l'Annexe E et de l'Annexe F informatives étant limitées, il convient que le lecteur sache que les informations liées aux éventuels produits de décomposition et effets toxicologiques sur la santé et sur l'environnement font encore l'objet d'études.

Dans le CE 10 de l'IEC, de nouvelles normes relatives aux spécifications de la qualité technique (IEC 63360) et pour la réutilisation (IEC 63359) des alternatives aux SF₆ sont en cours d'élaboration. Par conséquent, dans une révision ultérieure de la présente norme, certaines informations seront déplacées vers ces nouvelles normes à l'instar des SF₆ ou des mélanges de SF₆.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 4: Procédures de manipulation des gaz pour l'isolation et/ou la commutation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 s'applique aux procédures de manipulation des gaz pour l'isolation et/ou la commutation lors de l'installation, de la mise en service, de la réparation, de la révision, du fonctionnement normal ou anormal et de l'élimination en fin de cycle de vie de l'appareillage électrique.

Ces procédures sont considérées comme des exigences minimales pour garantir la fiabilité de l'appareillage électrique, la sécurité du personnel qui travaille avec ces gaz et pour réduire le plus possible l'impact sur l'environnement. Des exigences supplémentaires peuvent être formulées dans le manuel d'instructions d'exploitation du fabricant.

Pour chaque gaz, réputé être utilisé dans l'appareillage électrique à la date de publication du présent document, une annexe séparée décrit les spécifications, les procédures de manipulation, les mesures de sécurité, etc. Pour les gaz non couverts par ces annexes, il convient que le fabricant de l'appareillage électrique donne les informations nécessaires en se conformant à la structure de ces annexes. Il convient de décrire également ces gaz dans une édition suivante ou dans des amendements à la présente édition.

NOTE 1 Pour l'utilisation du présent document, la haute tension (HT) est définie comme étant la tension assignée supérieure à 1 000 V. Cependant, le terme moyenne tension (MT) 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 du présent document, le terme "pression" signifie "pression absolue".

NOTE 3 Dans le présent document, les pourcentages des composants gazeux, des polluants et des produits de décomposition sont toujours des pourcentages par volume mesurés à 20 °C, sauf indication contraire.

NOTE 4 Il est également fait référence à la brochure 802 du CIGRE, 2020 [1]¹.

NOTE 5 Pour de plus amples informations relatives aux gaz (l'écotoxicologie, par exemple), voir également la base de données chimique de l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA - European Chemicals Agency) (www.echa.europa.eu), qui tient compte de la fourchette de quantité annuelle réelle.

NOTE 6 Lorsque les gaz pour l'isolation et/ou la commutation sont régulés, leur conception et leur régulation d'origine se trouvent dans la base de données de l'IE 62474 (disponible à l'adresse <https://std.iec.ch/iec62474> [26]).

NOTE 7 S'il est fait référence aux disjoncteurs, seuls les disjoncteurs à gaz présentent un intérêt. Si des disjoncteurs à vide présentent un intérêt, ils sont explicitement mentionnés.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

IEC 60050-212:2010, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 212: Isolants électriques solides, liquides et gazeux* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)
IEC 60050-212:2010/AMD1:2015
IEC 60050-212:2010/AMD2:2015
IEC 60050-212:2010/AMD3:2020

IEC 60050-426:2020, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 426: Atmosphères explosives* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-441:1984, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 441: Appareillage et fusibles* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)
IEC 60050-441:1984/AMD1:2000

IEC 60335-2-69:2021, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-69: Exigences particulières pour les aspirateurs fonctionnant en présence d'eau ou à sec, y compris les brosses motorisées, à usage commercial*

IEC 60376:2018, *Spécification de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des gaz complémentaires à employer dans les mélanges de SF₆ pour utilisation dans les matériels électriques*

IEC 60480:2019, *Spécifications pour la réutilisation de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des mélanges contenant du SF₆ dans le matériel électrique*

IEC 62271-1:2017, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif*
IEC 62271-1:2017/AMD1:2021

ISO 8573-1:2010, *Air comprimé – Partie 1: Polluants et classes de pureté*