

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
694**

Deuxième édition
Second edition
1996-05

**Spécifications communes aux normes
de l'appareillage à haute tension**

**Common specifications for high-voltage
switchgear and controlgear standards**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 694: 1996

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
694**

Deuxième édition
Second edition
1996-05

**Spécifications communes aux normes
de l'appareillage à haute tension**

**Common specifications for high-voltage
switchgear and controlgear standards**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XC**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Références normatives	10
2 Conditions normales et spéciales de service	14
2.1 Conditions normales de service	14
2.2 Conditions spéciales de service	18
3 Définitions	20
3.1 Termes généraux	20
3.2 Ensembles d'appareillage	22
3.3 Parties d'ensemble	24
3.4 Appareils de connexion	24
3.5 Parties d'appareillage	24
3.6 Fonctionnement	26
3.7 Grandeurs caractéristiques	30
3.8 Index des définitions	30
4 Caractéristiques assignées	34
4.1 Tension assignée (U_r)	36
4.2 Niveau d'isolement assigné	36
4.3 Fréquence assignée (f_r)	44
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	44
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	50
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	50
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	50
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	50
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	52
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la manoeuvre	54
5 Conception et construction	54
5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans l'appareillage	54
5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans l'appareillage	54
5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage	56
5.4 Equipements auxiliaires et de commande	56
5.5 Manoeuvre à source d'énergie extérieure	56
5.6 Manoeuvre à accumulation d'énergie	58
5.7 Manoeuvre manuelle indépendante	60
5.8 Fonctionnement des déclencheurs	60

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
Clause	
1 General	11
1.1 Scope	11
1.2 Normative references	11
2 Normal and special service conditions	15
2.1 Normal service conditions	15
2.2 Special service conditions	19
3 Definitions	21
3.1 General terms.....	21
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear	23
3.3 Parts of assemblies	25
3.4 Switching devices	25
3.5 Parts of switchgear and controlgear	25
3.6 Operation	27
3.7 Characteristic quantities	31
3.8 Index of definitions	31
4 Ratings	35
4.1 Rated voltage (U_r)	37
4.2 Rated insulation level	37
4.3 Rated frequency (f_r)	45
4.4 Rated normal current and temperature rise	45
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	51
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	51
4.7 Rated duration of short circuit (t_k)	51
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a).....	51
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	53
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation	55
5 Design and construction	55
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear	55
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	55
5.3 Earthing of switchgear and controlgear	57
5.4 Auxiliary and control equipment	57
5.5 Dependent power operation	57
5.6 Stored energy operation	59
5.7 Independent manual operation	61
5.8 Operation of releases	61

Articles	Pages
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression	62
5.10 Plaques signalétiques	62
5.11 Verrouillages	64
5.12 Indicateur de position	64
5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes	64
5.14 Lignes de fuite	68
5.15 Etanchéité au gaz et au vide	70
5.16 Etanchéité au liquide	72
5.17 Ininflammabilité	72
5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)	72
6 Essais de type	74
6.1 Généralités	74
6.2 Essais diélectriques	78
6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique.....	92
6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal	96
6.5 Essais d'échauffement	96
6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible.....	104
6.7 Vérification de la protection	108
6.8 Essais d'étanchéité	108
6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	114
7 Essais individuels de série	122
7.1 Essais diélectriques du circuit principal	124
7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande	124
7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal	124
7.4 Essais d'étanchéité	124
7.5 Contrôles visuels et du modèle	126
8 Guide pour le choix de l'appareillage selon le service	126
9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les les commandes	126
10 Règles pour le transport, le stockage, le montage, l'installation, la manoeuvre et la maintenance	126
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	128
10.2 Installation	128
10.3 Fonctionnement	130
10.4 Maintenance	130
11 Sécurité	136
11.1 Aspects électriques	138
11.2 Aspects mécaniques	138
11.3 Aspects thermiques	138
11.4 Aspects opérationnels	138

Clause	Page
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices	63
5.10 Nameplates	63
5.11 Interlocking devices	65
5.12 Position indication	65
5.13 Degrees of protection by enclosures	65
5.14 Creepage distances	69
5.15 Gas and vacuum tightness	71
5.16 Liquid tightness	73
5.17 Flammability	73
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)	73
6 Type tests	75
6.1 General	75
6.2 Dielectric tests	79
6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) test	93
6.4 Measurement of the resistance of circuits	97
6.5 Temperature-rise tests	97
6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests	105
6.7 Verification of the protection	109
6.8 Tightness tests	109
6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)	115
7 Routine tests	123
7.1 Dielectric test on the main circuit	125
7.2 Dielectric test on auxiliary and control circuits	125
7.3 Measurement of the resistance of the main circuit	125
7.4 Tightness test	125
7.5 Design and visual checks	127
8 Guide to the selection of switchgear and controlgear	127
9 Information to be given with enquiries, tenders and orders	127
10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	127
10.1 Conditions during transport, storage and installation	129
10.2 Installation	129
10.3 Operation	131
10.4 Maintenance	131
11 Safety	137
11.1 Electrical aspects	139
11.2 Mechanical aspects	139
11.3 Thermal aspects	139
11.4 Operation aspects	139

Annexes	Pages
A Identification des spécimens d'essai	146
B Détermination de la valeur efficace équivalente d'un courant de courte durée admissible pendant un court-circuit de courte durée	150
C Méthode pour l'essai de protection contre les intempéries de l'appareillage pour installation à l'extérieur	154
D Information concernant les niveaux d'isolement et leurs essais	160
E Étanchéité (information, exemple et guide)	168
F Essais diélectriques de l'appareillage autoprotégé	172
G Bibliographie	178

Tableaux

1a Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série I	38
1b Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série II	40
2a Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme II	42
2b Niveaux d'isolement assignés supplémentaires utilisés en Amérique du Nord pour les tensions assignées de la gamme II	44
3 Limites de température et d'échauffement pour les différents organes, matériaux et diélectriques de l'appareillage à haute tension	46
4 Tension en courant continu	52
5 Tension en courant alternatif	52
6 Degrés de protection	68
7 Facteurs d'application des lignes de fuite	70
8 Exemple de groupement des essais de type	76
9 Conditions d'essais dans le cas général	84
10 Conditions d'essais de l'isolation longitudinale à la tension à fréquence industrielle 84	
11 Conditions d'essai de l'isolation longitudinale à la tension de choc	86
12 Taux de fuite temporairement admissibles pour les systèmes à gaz	110
13 Critères d'évaluation pour les essais d'immunité aux perturbations transitoires	120

Figures

1 Facteur de correction d'altitude (voir 2.2.1)	140
2 Schéma des connexions d'un appareil de connexion tripolaire (voir 6.2.5.1)	142
3 Schéma d'un circuit d'essais de tension de perturbation radioélectrique des appareils de connexion (voir 6.3)	144
B.1 Détermination du courant de courte durée	152
C.1 Disposition pour l'essai de protection contre les intempéries	156
C.2 Gicleur pour l'essai de protection contre les intempéries	158
E.1 Exemple de tableau de coordination des étanchéités, TC, pour systèmes à pression de gaz autonomes	168
E.2 Sensibilité et domaine d'application des différentes méthodes d'essai d'étanchéité	170
F.1 Exemples de forme de tension de choc avec dispositifs limiteurs de tension incorporés	176

Annexes	Page
A Identification of test specimens	147
B Determination of the equivalent r.m.s. value of a short-time current during a short circuit of a given duration	151
C Method for the weatherproofing test for outdoor switchgear and controlgear	155
D Information about insulation levels and tests	161
E Tightness (information, example and guidance)	169
F Dielectric testing of self-protected switchgear and controlgear	173
G Bibliography	179

Tables

1a Rated insulation levels for rated voltages of range I, series I	39
1b Rated insulation levels for rated voltages of range I, series II	41
2a Rated insulation levels for rated voltages of range II	43
2b Additional rated insulation levels in North America for range II	45
3 Limits of temperature and temperature rise for various parts, materials and dielectrics of high-voltage switchgear and controlgear	47
4 Direct current voltage	53
5 Alternating current voltage	53
6 Degrees of protection	69
7 Application factors for creepage distances	71
8 Example of grouping of type tests	77
9 Test conditions in general case	85
10 Power-frequency test conditions for longitudinal insulation	85
11 Impulse test conditions for longitudinal insulation	87
12 Permissible temporary leakage rates for gas systems	111
13 Assessment criteria for transient disturbance immunity tests	121

Figures

1 Altitude correction factor (see 2.2.1)	141
2 Diagram of connections of a three-pole switching device (see 6.2.5.1)	143
3 Diagram of a test circuit for the radio interference voltage test of switching devices (see 6.3)	145
B.1 Determination of short-time current	153
C.1 Arrangement for weatherproofing test	157
C.2 Nozzle for weatherproofing test	159
E.1 Example of a tightness coordination chart, TC, for closed pressure systems	169
E.2 Sensitivity and applicability of different leak detection methods for tightness tests	171
F.1 Examples of impulse voltage shapes with incorporated voltage-limiting devices	177

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATIONS COMMUNES AUX NORMES DE L'APPAREILLAGE À HAUTE TENSION

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 694 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, et par le sous-comité 17C: Appareillage à haute tension sous enveloppe, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette deuxième édition remplace la première édition parue en 1980, ainsi que l'amendement 3 (1995), et constitue une révision technique. Elle remplace également le rapport technique CEI 1208 (1992).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/458/FDIS	17A/479/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.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

Les annexes D à G sont données uniquement à titre d'information.

Les différences suivantes existent dans certains pays:

6.2.11 La tension d'essais exigée pour les sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs de toutes tensions assignées, est 100 % des valeurs données par les colonnes 3 des tableaux 1a ou 1b et 2a ou 2b (Canada, France, Italie).

Le contenu du corrigendum de janvier 2001 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE
SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, express as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 694 has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, and subcommittee 17C: High-voltage enclosed switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition replaces the first edition published in 1980 and its amendment 3 (1995), and constitutes a technical revision. It supersedes also the technical report IEC 1208 (1992).

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

FDIS	Report on voting
17A/458/FDIS	17A/479/RVD

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

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annexes D to G are for information only.

The following differences exist in some countries:

6.2.11 The required test voltage for disconnectors and switch-disconnectors of all rated voltages is 100 % of the tabulated voltage in columns 3 of tables 1a or 1b and 2a or 2b (Canada, France, Italy).

The contents of the corrigendum of January 2001 have been included in this copy.

SPÉCIFICATIONS COMMUNES AUX NORMES DE L'APPAREILLAGE À HAUTE TENSION

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique à l'appareillage à courant alternatif prévu pour être installé à l'intérieur ou à l'extérieur et pour fonctionner à des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz, sur des réseaux de tension supérieure à 1000 V.

Cette norme s'applique à tout l'appareillage à haute tension, sauf spécification contraire dans les normes particulières de la CEI pour le type d'appareillage considéré.

1.2 Références normatives

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

CEI 38: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 50(151): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 50(191): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 50(441): 1984, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 50(604): 1987, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 50(826): 1982, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 826: Installations électriques des bâtiments*

CEI 56: 1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 59: 1938, *Courants normaux de la CEI*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 68-2-17: 1994, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 68-2-63: 1991, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Eg: impacts, marteau à ressort*

COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS

1 General

1.1 Scope

This International Standard applies to a.c. switchgear and controlgear, designed for indoor and outdoor installation and for operation at service frequencies up to and including 60 Hz on systems having voltages above 1000 V.

This standard applies to all high-voltage switchgear and controlgear except as otherwise specified in the relevant IEC standards for the particular type of switchgear and controlgear.

1.2 Normative references

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

IEC 38: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 50(151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 50(191): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 50(441): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 50(604): 1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 50(826): 1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 56: 1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 59: 1938, *IEC standard current ratings*

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 68-2-17: 1994, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 68-2-63: 1991, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eg: Impact, spring hammer*

CEI 71-1: 1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI/FDIS 71-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application**

CEI 73: 1991, *Codage des dispositifs indicateurs et des organes de commande par couleurs et moyens supplémentaires*

CEI 85: 1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 255-5: 1977, *Relais électriques – Partie 5: Essais d'isolement des relais électriques*

CEI 270: 1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 296: 1982, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 376: 1971, *Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf*

CEI 417: 1973, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*

CEI 480: 1974, *Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique*

CEI 507: 1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI 529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 721: *Classification des conditions d'environnement*

CEI 815: 1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 816: 1984, *Guide sur les méthodes de mesure des transitoires de courte durée sur les lignes de puissance et de contrôle basse tension*

CEI 1000-4-4: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves – Publication fondamentale en CEM*

CEI 1000-4-12: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 12: Essais d'immunité aux ondes oscillatoires – Publication fondamentale en CEM*

CEI 1166: 1993, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension – Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

* 28/115/FDIS.

IEC 71-1: 1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC/FDIS 71-2, *Insulation coordination – Part 2: Application guide**

IEC 73: 1991, *Coding of indicating devices and actuators by colours and supplementary means*

IEC 85: 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 255-5: 1977, *Electrical relays – Part 5: Insulation tests for electrical relays*

IEC 270: 1981, *Partial discharge measurements*

IEC 296: 1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 376: 1971, *Specification and acceptance of new sulphur hexafluoride*

IEC 417: 1973, *Graphical symbols for use on equipment – Index, survey and compilation of the single sheets*

IEC 480: 1974, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment*

IEC 507: 1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 721, *Classification of environmental conditions*

IEC 815: 1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 816: 1984, *Guide on methods of measurement of short-duration transients on low-voltage power and signal lines*

IEC 1004-4-4: 1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC publication*

IEC 1004-4-12: 1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 12: Oscillatory waves immunity test – Basic EMC publication*

IEC 1166: 1993, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers*

* 28/115/FDIS

CEI 1180-1: 1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

CEI 1634: 1995, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation du gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

CISPR 11: 1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique*

CISPR 16-1: 1993, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 18-2: 1986, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Deuxième partie: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*
Amendement 1 (1993)

Pour information, il est fait référence, dans la présente norme, à d'autres Normes internationales. Elles sont énumérées en annexe G.

2 Conditions normales et spéciales de service

Sauf spécification contraire, l'appareillage à haute tension, y compris les dispositifs de commande et équipements auxiliaires qui en font partie intégrante, est prévu pour être utilisé selon ses caractéristiques assignées et dans les conditions normales de service énumérées en 2.1.

Lorsque les conditions réelles de service diffèrent des conditions normales de service, l'appareillage à haute tension ainsi que les dispositifs de commande et les équipements auxiliaires qui y sont associés devront être conçus pour satisfaire à toutes les conditions spéciales de service fixées par l'utilisateur, sinon des dispositions appropriées devront être prises en conséquence (voir 2.2).

NOTES

- 1 Il convient également de prendre des mesures appropriées pour assurer le fonctionnement correct d'autres matériels tels que les relais dans de telles conditions.
- 2 Des informations détaillées concernant la classification des conditions d'environnement sont données par la CEI 721-3-3 (pour l'intérieur), et la CEI 721-3-4 (pour l'extérieur).

2.1 Conditions normales de service

2.1.1 Appareillage pour l'intérieur

- a) La température de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 35 °C.

La température minimale de l'air ambiant est de –5 °C pour la classe «moins 5 intérieur», de –15 °C pour la classe «moins 15 intérieur», et de –25 °C pour la classe «moins 25 intérieur».

- b) L'influence des radiations solaires peut être négligée.
- c) L'altitude n'excède pas 1000 m.
- d) L'air ambiant ne contient pratiquement pas de poussière, de fumée, de gaz de corrosifs et/ou inflammables, ni de sel.

IEC 1180-1: 1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC 1634: 1995, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*

CISPR 11: 1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

CISPR 16-1: 1993, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*

CISPR 18-2: 1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*
Amendment 1 (1993)

Other International Standards are referred to for information in this standard. They are listed in annex G.

2 Normal and special service conditions

Unless otherwise specified, high-voltage switchgear and controlgear, including the operating devices and the auxiliary equipment which form an integral part of them, are intended to be used in accordance with their rated characteristics and the normal service conditions listed in 2.1.

If the actual service conditions differ from these normal service conditions, high-voltage switchgear and controlgear and associated operating devices and auxiliary equipment shall be designed to comply with any special service conditions required by the user, or appropriate arrangements shall be made (see 2.2).

NOTES

- 1 Appropriate action should also be taken to ensure proper operation under such conditions of other components, such as relays.
- 2 Detailed information concerning classification of environmental conditions is given in IEC 721-3-3 (indoor) and IEC 721-3-4 (outdoor).

2.1 Normal service conditions

2.1.1 Indoor switchgear and controlgear

- a) The ambient air temperature does not exceed 40 °C and its average value, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C.

The minimum ambient air temperature is –5 °C for class "minus 5 indoor", –15 °C for class "minus 15 indoor" and –25 °C for class "minus 25 indoor".

- b) The influence of solar radiation may be neglected.
- c) The altitude does not exceed 1000 m.
- d) The ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive and/or flammable gases, vapours or salt.

e) Les conditions d'humidité sont les suivantes:

- la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %;
- la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période de 24 h, n'excède pas 2,2 kPa;
- la valeur moyenne de l'humidité relative sur une période d'un mois, n'excède pas 90 %;
- la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période d'un mois, n'excède pas 1,8 kPa.

Dans ces conditions, des condensations peuvent occasionnellement se produire.

NOTES

- 1 La condensation est à prévoir dans les lieux où de brusques variations de température, en période de grande humidité risquent de se produire.
- 2 Pour supporter les effets d'une humidité élevée et d'une condensation occasionnelle, tels que le claquage de l'isolation ou la corrosion des parties métalliques, il convient d'utiliser un appareillage prévu pour de telles conditions et essayé en conséquence.
- 3 La condensation peut être empêchée par une conception spéciale du bâtiment ou de l'enveloppe, par une ventilation et un chauffage appropriés du poste, ou par l'utilisation de déshumidificateurs.

f) Les vibrations dues à des causes externes à l'appareillage ou à des tremblements de terre sont négligeables.

g) La valeur de crête des perturbations électromagnétiques induites dans le système secondaire n'excède pas 1,6 kV

2.1.2 Appareillage pour l'extérieur

a) La température de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 35 °C

La température minimale de l'air ambiant est de –10 °C pour la classe «moins 10 extérieur» de –25 °C pour la classe «moins 25 extérieur», et de –40 °C pour la classe «moins 40 extérieur». Il convient de tenir compte de variations rapides de la température.

b) Il convient de considérer les radiations solaires jusqu'à un niveau de 1000 W/m² (à midi par temps clair).

NOTES

- 1 Dans certaines conditions de rayonnement solaire, des mesures appropriées, par exemple mise à l'abri, ventilation forcée, etc., peuvent être rendues nécessaires, ou bien il y a lieu de procéder au déclassement de manière à ne pas dépasser les échauffements spécifiés.
- 2 Des détails sur les radiations solaires en général sont donnés dans la CEI 721-2-4.

c) L'altitude n'excède pas 1000 m.

d) L'air ambiant peut être pollué par de la poussière, de la fumée, des gaz et vapeurs corrosifs, ou du sel. Le niveau de pollution n'excède pas le niveau de pollution II – Moyen du tableau 1 de la CEI 815.

e) La couche de glace n'excède pas 1 mm pour la classe 1, 10 mm pour la classe 10 et 20 mm pour la classe 20.

f) La vitesse du vent n'excède pas 34 m/s (correspondant à une pression de 700 Pa sur des surfaces cylindriques).

NOTE 3 – Les caractéristiques du vent sont décrites dans la CEI 721-2-2.

e) The conditions of humidity are as follows:

- the average value of the relative humidity, measured over a period of 24 h, does not exceed 95 %;
- the average value of the water vapour pressure, over a period of 24 h, does not exceed 2,2 kPa;
- the average value of the relative humidity, over a period of one month, does not exceed 90 %;
- the average value of the water vapour pressure, over a period of one month, does not exceed 1,8 kPa.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTES

- 1 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.
- 2 To withstand the effects of high humidity and condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, switchgear designed for such conditions and tested accordingly should be used.
- 3 Condensation may be prevented by special design of the building or housing, by suitable ventilation and heating of the station or by the use of dehumidifying equipment.

f) Vibration due to causes external to the switchgear and controlgear or earth tremors are negligible.

g) Induced electromagnetic disturbances in the secondary system do not exceed a peak value of 1,6 kV.

2.1.2 Outdoor switchgear and controlgear

a) The ambient air temperature does not exceed 40 °C and its average value, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C.

The minimum ambient air temperature is –10 °C for class "minus 10 outdoor", –25 °C for class "minus 25 outdoor" and –40 °C for class "minus 40 outdoor".

Rapid temperature changes should be taken into account.

b) Solar radiation up to a level of 1000 W/m² (on a clear day at noon) should be considered.

NOTES

- 1 Under certain conditions of solar radiation appropriate measures, e.g. roofing, forced ventilation, etc. may be necessary, or derating may be used, in order not to exceed the specified temperature rises.
- 2 Details of global solar radiation are given in IEC 721-2-4.

c) The altitude does not exceed 1000 m.

d) The ambient air may be polluted by dust, smoke, corrosive gas, vapours or salt. The pollution does not exceed the pollution level II – Medium according to table 1 of IEC 815.

e) The ice coating does not exceed 1 mm for class 1, 10 mm for class 10 and 20 mm for class 20.

f) The wind speed does not exceed 34 m/s (corresponding to 700 Pa on cylindrical surfaces).

NOTE 3 – Characteristics of wind are described in IEC 721-2-2.

g) Il convient de tenir compte de la présence de condensation ou de précipitations.

NOTE 4 – Les caractéristiques de précipitation sont décrites dans la CEI 721-2-2.

h) Les vibrations dues à des causes externes à l'appareillage ou à des tremblements de terre sont négligeables.

i) La valeur de crête des perturbations électromagnétiques induites dans le système secondaire n'excède pas 1,6 kV.

2.2 Conditions spéciales de service

Lorsque l'appareillage à haute tension peut être utilisé dans des conditions différentes des conditions normales de service décrites en 2.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se réfèrent aux niveaux normalisés ci-dessous:

2.2.1 Altitude

Pour une installation à une altitude supérieure à 1000 m, le niveau d'isolement de l'isolation externe dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminé en multipliant les tensions de tenue exigées au lieu d'utilisation par un facteur K_a selon la figure 1.

NOTES

1 Pour l'isolation interne, les caractéristiques diélectriques sont identiques, quelle que soit l'altitude, et il n'y a pas à prendre de précautions spéciales. Pour l'isolation externe et interne, voir CEI/FDIS 71-2.

2 Pour le matériel auxiliaire et de commande à basse tension, aucune précaution spéciale n'est à prendre si l'altitude est inférieure à 2000 m. Pour une altitude supérieure, voir CEI 664-1.

2.2.2 Pollution

En cas d'installation en air ambiant pollué, il convient de spécifier un niveau de pollution III – Fort, ou IV – Très fort, de la CEI 815.

2.2.3 Température et humidité

Pour une installation là où la température ambiante est nettement hors de la gamme des conditions normales de service décrites en 2.1, il convient que les gammes spécifiées de températures minimales et maximales soient:

–50 °C et +40 °C pour les climats très froids;

–5 °C et +50 °C pour les climats très chauds.

Dans certaines régions où les vents chauds et humides sont fréquents, de brusques variations de température peuvent se produire engendrant de la condensation même à l'intérieur.

Dans les installations d'intérieur sous les climats tropicaux, la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, peut être 98 %.

2.2.4 Vibrations

Lorsque des tremblements de terre sont susceptibles de se produire sur le lieu d'installation, il convient que l'utilisateur spécifie un niveau de sévérité selon la CEI 1166.

- g) Account should be taken of the presence of condensation or precipitations.

NOTE 4 – Characteristics of precipitation are defined in IEC 721-2-2.

- h) Vibration due to causes external to the switchgear and controlgear or to earth tremors are negligible.

- i) Induced electromagnetic disturbances in the secondary system do not exceed a peak value of 1,6 kV.

2.2 *Special service conditions*

When high-voltage switchgear and controlgear may be used under conditions different from the normal service conditions given in 2.1, the user's requirements should refer to standardized steps as follows.

2.2.1 *Altitude*

For installation at an altitude higher than 1000 m, the insulation level of external insulation under the standardized reference atmospheric conditions shall be determined by multiplying the insulation withstand voltages required at the service location by a factor K_a in accordance with figure 1.

NOTES

- 1 For internal insulation, the dielectric characteristics are identical at any altitude and no special precautions need to be taken. For external and internal insulation, see IEC/FDIS 71-2.
- 2 For low-voltage auxiliary and control equipment, no special precautions need to be taken if the altitude is lower than 2000 m. For higher altitude, see IEC 664-1.

2.2.2 *Pollution*

For installation in polluted ambient air, a pollution level III – Heavy, or IV – Very heavy of IEC 815 should be specified.

2.2.3 *Temperature and humidity*

For installation in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 2.1, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be:

- 50 °C and +40 °C for very cold climates;
- 5 °C and +50 °C for very hot climates.

In certain regions with frequent occurrence of warm humid winds, sudden changes of temperature may occur resulting in condensation even indoors.

In tropical indoor conditions, the average value of relative humidity measured during a period of 24 h can be 98 %.

2.2.4 *Vibrations*

For installations where earthquakes are likely to occur, severity level in accordance with IEC 1166 should be specified by the user.

2.2.5 Autres paramètres

Lorsque des conditions spéciales d'environnement prévalent au lieu où l'appareillage doit être mis en service, il convient que l'utilisateur les spécifie par référence à la CEI 721.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans la CEI 50(151); la CEI 50(191); la CEI 50(441); la CEI 50(604); et la CEI 50(826) s'appliquent.

Quelques-unes d'entre elles sont rappelées ci-dessous pour une utilisation plus facile.

Les autres définitions ci-dessous s'appliquent également. Elles sont classées selon la CEI 50(441). Les définitions de la CEI 50(441) ne sont pas répétées, mais leurs numéros de référence sont donnés. Les références venant d'ailleurs sont classées selon l'ordre du Vocabulaire Electrotechnique International CEI 50(441).

3.1 Termes généraux

3.1.1 appareillage [VEI VEI 441-11-01]

3.1.2 isolation externe: Distances dans l'air atmosphérique et sur les surfaces des isolations solides d'un matériel en contact avec l'atmosphère, qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux, etc. [VEI 604-03-02]

3.1.3 code IP: Système de codification pour indiquer les degrés de protection procurés par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, la pénétration de corps solides étrangers, la pénétration de l'eau, et pour donner une information additionnelle liée à une telle protection. [3.4 de la CEI 529]

3.1.4 protection procurée par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses

Protection des personnes contre:

- le contact avec des parties mécaniques dangereuses;
- le contact avec des parties actives basse tension dangereuses;
- l'approche de parties actives à haute tension dangereuses, en deçà de la distance suffisante à l'intérieur de l'enveloppe. [3.6 de la CEI 529]

3.1.5 maintenance: Combinaison de toutes les actions techniques et administratives, y compris les opérations de surveillance, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise. [VEI 191-07-01]

3.1.6 maintenance systématique: Entretien effectué conformément à un échéancier selon le temps ou le nombre de cycles de fonctionnement. [VEI 191-07-10]

3.1.7 inspection: Examen visuel périodique des caractéristiques principales de l'appareillage en service sans démontage d'aucune sorte. Cet examen porte généralement sur les pressions et/ou les niveaux des fluides, les étanchéités, la position des relais, la pollution des parties isolantes, mais comprend également des opérations telles que lubrification, nettoyage, lavage, etc. qui peuvent être effectués sur l'appareillage en service.

NOTE – Les observations faites au cours d'une inspection peuvent motiver le déclenchement de l'entretien.

2.2.5 Other parameters

When special environmental conditions prevail at the location where switchgear and controlgear is to be put in service, they should be specified by the user by reference to IEC 721.

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions in IEC 50(151); IEC 50(191); IEC 50(441); IEC 50(604) and IEC 50(826) apply.

Some of them are recalled hereunder for easier use.

The definitions given below are also applicable. They are classified in accordance with IEC 50(441). The definitions of IEC 50(441) are not repeated but reference is made to their specific sub-clause number. References from other than IEC 50(441) are classified so as to be aligned with the classification used in International Electrotechnical Vocabulary IEC 50(441).

3.1 General terms

3.1.1 switchgear and controlgear [IEV 441-11-01]

3.1.2 external insulation: The distances in atmosphere and the surfaces in contact with open air of solid insulation of the equipment which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin etc. [IEV 604-03-02]

3.1.3 IP code: A coding system to indicate the degrees of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, ingress of solid foreign objects, ingress of water and to give additional information in connection with such protection. [3.4 of IEC 529]

3.1.4 protection provided by an enclosure against access to hazardous parts: The protection of persons against:

- contact with hazardous mechanical parts;
- contact with hazardous low-voltage live parts;
- approach to hazardous high-voltage live parts below adequate clearance inside an enclosure. [3.6 of IEC 529]

3.1.5 maintenance: The combination of all technical and administrative actions, including supervision actions, intended to retain an item in, or restore it to, a state in which it can perform a required function. [IEV 191-07-01]

3.1.6 scheduled maintenance: The preventive maintenance carried out in accordance with an established time schedule. [IEV 191-07-10]

3.1.7 inspection: Periodic visual investigation of the principal features of the switchgear and controlgear in service without dismantling. This investigation is generally directed toward pressures and/or levels of fluids, tightness, position of relays, pollution of insulating parts, but actions such as lubricating, cleaning, washing, etc. which can be carried out with the switchgear and controlgear in service are also included.

NOTE – Observations resulting from inspection can lead to the decision to carry out overhaul.

3.1.8 essais de diagnostic: Essais comparatifs des paramètres caractéristiques d'un appareillage pour vérifier qu'il remplit sa fonction, que l'on effectue en mesurant un ou plusieurs de ces paramètres.

NOTE – Le résultat d'un essai de diagnostic peut motiver le déclenchement de l'entretien.

3.1.9 examen: Inspection avec en plus un démontage partiel, comme spécifié, complétée par des moyens tels que mesures et essais non destructifs afin d'établir une évaluation fiable de l'état de l'appareillage.

3.1.10 entretien: Travail effectué dans le but de réparer ou de remplacer les parties trouvées hors tolérance par inspection, essai ou examen, ou d'après les prescriptions du manuel de maintenance du constructeur, afin de remettre en état de fonctionnement acceptable le composant et/ou l'appareillage.

3.1.11 temps d'indisponibilité: Intervalle de temps pendant lequel une entité est en état d'indisponibilité. [VEI 191-09-08]

3.1.12 défaillance: Cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. [VEI 191-04-01]

NOTES

- 1 Après sa défaillance, une entité est en état de panne.
- 2 Une «défaillance» est un passage d'un état à un autre, par opposition à une «panne», qui est un état.
- 3 La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciel.

3.1.13 défaillance majeure (d'un appareillage): Défaillance d'un appareil qui entraîne la disparition d'une ou plusieurs de ses fonctions fondamentales.

Une défaillance majeure provoquera une modification immédiate des conditions d'exploitation du réseau, l'équipement de protection situé en amont étant appelé, par exemple, à éliminer la panne, ou bien nécessitera une mise hors service impérative en moins de 30 min pour une opération de maintenance non planifiée.

3.1.14 défaillance mineure (d'un appareillage): Toute défaillance d'un élément constitutif ou d'un sous-ensemble qui n'entraîne pas de défaillance majeure de l'appareillage.

3.1.15 défaut: Imperfection dans l'état d'un dispositif (ou faiblesse inhérente) qui peut donner lieu à une ou plusieurs défaillances de ce dispositif ou d'un autre dispositif dans les conditions spécifiées de service, d'environnement ou de maintenance, pendant un temps donné.

3.1.16 température de l'air ambiant [VEI VEI 441-11-13]

3.2 Ensembles d'appareillage

3.2.1 appareillage autoprotégé: Appareillage comprenant des dispositifs limiteurs de tension intégrés.

3.2.2 spécimen d'essai: Un spécimen d'essai est un appareillage complet lorsque les pôles sont liés mécaniquement (c'est-à-dire un seul mécanisme de commande) ou lorsque les essais de type sont principalement des essais tripolaires. Si ce n'est pas le cas, un spécimen d'essai est un pôle de l'appareillage complet. Lorsque cela est permis dans la norme CEI applicable, un spécimen d'essai peut être un sous-ensemble représentatif.

3.1.8 diagnostic tests: Comparative tests of the characteristic parameters of switchgear and controlgear to verify that it performs its functions, by measuring one or more of these parameters.

NOTE – The result from diagnostic tests can lead to the decision to carry out overhaul.

3.1.9 examination: Inspection with the addition of partial dismantling, as required, supplemented by means such as measurements and non-destructive tests in order to reliably evaluate the condition of the switchgear and controlgear.

3.1.10 overhaul: Work done with the objective of repairing or replacing parts which are found to be out of tolerance by inspection, test, examination, or as required by manufacturer's maintenance manual, in order to restore the component and/or the switchgear and controlgear to an acceptable condition.

3.1.11 down time: The time interval during which an item is in a down state. [IEV 191-09-08]

3.1.12 failure: The termination of the ability of an item to perform a required function. [IEV 191-04-01]

NOTES

- 1 After failure the item has a fault.
- 2 "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.
- 3 This concept as defined does not apply to items consisting of software only.

3.1.13 major failure (of switchgear and controlgear): Failure of a switchgear and controlgear which causes the cessation of one or more of its fundamental functions.

A major failure will result in an immediate change in the system operating conditions, e.g. the backup protective equipment will be required to remove the fault, or will result in mandatory removal from service within 30 min for unscheduled maintenance.

3.1.14 minor failure (of switchgear and controlgear): Any failure of a constructional element or a sub-assembly which does not cause a major failure of the switchgear and controlgear.

3.1.15 defect: An imperfection in the state of an item (or inherent weakness) which can result in one or more failures of the item itself, or of another item under the specific service or environmental or maintenance conditions, for a stated period of time.

3.1.16 ambient air temperature [IEV 441-11-13]

3.2 Assemblies of switchgear and controlgear

3.2.1 self-protected switchgear: Switchgear and controlgear incorporating integral voltage-limiting devices.

3.2.2 test specimen: A test specimen is a complete switchgear and controlgear when the poles are mechanically linked (i.e. one operating mechanism) or when the type tests are mainly three-pole type tests. If this is not the case, a test specimen is one pole of the complete switchgear and controlgear. Where permitted in the relevant IEC standard, a test specimen may be a representative sub-assembly.

3.3 Parties d'ensemble

3.3.1 unité de transport: Partie d'un appareillage pouvant être transportée sans être démontée.

3.4 Appareils de connexion

Pas de définition particulière.

3.5 Parties d'appareillage

3.5.1 enveloppe: Élément assurant la protection des matériels contre certaines influences externes et dans toutes les directions, la protection contre les contacts directs. [VEI 826-03-12].

NOTES – Dans le cas de la présente norme, cette définition tirée du VEI existant nécessite les explications suivantes:

1 Les enveloppes assurent la protection des personnes et des animaux contre l'accès aux parties dangereuses.

2 Les barrières, formes d'ouverture ou tous autres moyens – qu'ils soient solidaires de l'enveloppe ou formés par le matériel interne – appropriés pour empêcher ou limiter la pénétration des calibres d'essai spécifiés, sont considérés comme une partie de l'enveloppe, sauf s'il est possible de les enlever sans l'aide d'une clef ou d'un outil. [3.1 de la CEI 529]

3.5.2 partie dangereuse: Partie qu'il est dangereux d'approcher ou de toucher. [3.5 de la CEI 529]

3.5.3 contacts [VEI 441-15-05]

3.5.4 circuit auxiliaire [VEI 441-15-04]

3.5.5 circuit de commande [VEI 441-15-03]

3.5.6 interrupteur auxiliaire [VEI 441-15-11]

3.5.7 auxiliaire de commande [VEI 441-14-46]

3.5.8 contact auxiliaire [VEI 441-15-10]

3.5.9 contact de commande [VEI 441-15-09]

3.5.10 raccord (par boulons ou dispositifs équivalents): Ensemble de pièces conductrices destinées à assurer la continuité permanente d'un circuit lorsqu'elles sont assemblées au moyen de vis, de boulons ou de dispositifs équivalents.

3.5.11 indicateur de position [VEI 441-15-25]

3.5.12 dispositif de surveillance: Dispositif prévu pour observer automatiquement l'état d'un appareil. [adapté de VEI 191-07-26]

3.5.13 auxiliaire automatique de commande [VEI 441-14-48]

3.5.14 contact pour basse énergie: Contact conçu pour être utilisé dans des circuits à très faible énergie, tels que ceux de surveillance ou d'informatique.

NOTE – Les contacts insérés dans des circuits par lesquels passe un courant de quelques milliampères sous une tension ne dépassant pas 10 V à leurs bornes, sont une application typique.

3.3 *Parts of assemblies*

3.3.1 transport unit: A part of switchgear and controlgear suitable for transportation without being dismantled.

3.4 *Switching devices*

No particular definitions.

3.5 *Parts of switchgear and controlgear*

3.5.1 enclosure: A part providing protection of equipment against certain external influences and, in any direction, protection against direct contact. [IEV 826-03-12]

NOTES – This definition taken from IEC 50(826) needs the following explanations under the scope of this standard:

- 1 Enclosures provide protection of persons or livestock against access to hazardous parts.
- 2 Barriers, shapes of openings or any other means – whether attached to the enclosure or formed by the enclosed equipment suitable to prevent or limit the penetration of the specified test probes are considered as a part of the enclosure, except when they can be removed without the use of a key or tool. [3.1 of IEC 529]

3.5.2 hazardous part: A part that is hazardous to approach or touch. [3.5 of IEC 529]

3.5.3 contact [IEV 441-15-05]

3.5.4 auxiliary circuit [IEV 441-15-04]

3.5.5 control circuit [IEV 441-15-03]

3.5.6 auxiliary switch [IEV 441-15-11]

3.5.7 control switch [IEV 441-14-46]

3.5.8 auxiliary contact [IEV 441-15-10]

3.5.9 control contact [IEV 441-15-09]

3.5.10 connection (bolted or the equivalent): Two or more conductors designed to ensure permanent circuit continuity when forced together by means of screws, bolts or the equivalent.

3.5.11 position indicating device [IEV 441-15-25]

3.5.12 monitoring device: Device intended to observe automatically the state of an item. [from IEV 191-07-26]

3.5.13 pilot switch [IEV 441-14-48]

3.5.14 low energy contact: Contact designed to be used in very low energy circuits, e.g. for monitoring or information technology.

NOTE – Typical applications are contacts inserted into a load circuit through which flows a current of some milliamperes at a voltage not exceeding 10 V at the terminals.

3.6 *Fonctionnement*

3.6.1 **manoeuvre dépendante à source d'énergie extérieure** [VEI 441-16-14]

3.6.2 **manoeuvre à accumulation d'énergie** [VEI 441-16-15]

3.6.3 **manoeuvre effectuée positivement** [VEI 441-16-12]

3.6.4 *Définitions relatives à la pression (ou à la masse volumique)*

3.6.4.1 **pression p_{re} (ou masse volumique p_{re}) assignée de remplissage pour l'isolement:** Pression en Pascals (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle le compartiment est rempli avant la mise en service, ou maintenu automatiquement.

3.6.4.2 **pression p_{rm} (ou masse volumique p_{rm}) assignée de remplissage pour la manoeuvre:** Pression (Pa), rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle le dispositif de manoeuvre est rempli avant la mise en service, ou maintenu automatiquement.

3.6.4.3 **pression p_{ae} (ou masse volumique p_{ae}) d'alarme pour l'isolement:** Pression (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle un signal de surveillance peut être fourni pour indiquer qu'un complément de remplissage est nécessaire à court terme.

3.6.4.4 **pression p_{am} (ou masse volumique p_{am}) d'alarme pour la manoeuvre:** Pression (Pa), rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle un signal de surveillance peut être fourni pour indiquer qu'un complément de remplissage du dispositif de manoeuvre est nécessaire à court terme.

3.6.4.5 **pression p_{me} (ou masse volumique p_{me}) minimale pour l'isolement:** Pression (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage devient nécessaire.

3.6.4.6 **pression p_{mm} (ou masse volumique p_{mm}) minimale pour la manoeuvre:** Pression (Pa) rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage du dispositif de manoeuvre devient nécessaire. Cette pression est souvent appelée pression de verrouillage.

3.6.5 *Définitions relatives à l'étanchéité au gaz et au vide*

Ces définitions s'appliquent à tout appareillage utilisant pour l'isolement, la coupure ou le fonctionnement, un gaz autre que l'air à pression atmosphérique ou le vide.

3.6.5.1 **compartiment à remplissage de gaz:** Compartiment d'un appareillage à pression interne de gaz constituant l'un des systèmes suivants:

3.6 Operation

3.6.1 dependent power operation [IEV 441-16-14]

3.6.2 stored energy operation [IEV 441-16-15]

3.6.3 positively driven operation [IEV 441-16-12]

3.6.4 Definitions relative to pressure (or density)

3.6.4.1 rated filling pressure for insulation p_{re} (or density ρ_{re}): The pressure (Pa), for insulation and/or for switching, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, to which the assembly is filled before being put into service, or automatically replenished.

3.6.4.2 rated filling pressure for operation p_{rm} (or density ρ_{rm}): The pressure (Pa), referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, to which the control device is filled before being put into service or automatically replenished.

3.6.4.3 alarm pressure for insulation p_{ae} (or density ρ_{ae}): The pressure (Pa), for insulation and/or for switching, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which a monitoring signal may be provided to indicate that replenishment is necessary in a relatively short time.

3.6.4.4 alarm pressure for operation p_{am} (or density ρ_{am}): The pressure (Pa), referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which a monitoring signal may be provided to indicate that replenishment of the control device is necessary in a relatively short time.

3.6.4.5 minimum functional pressure for insulation p_{me} (or density ρ_{me}): The pressure (Pa), for insulation and/or for switching, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which and above which rated characteristics of switchgear and controlgear are maintained and at which a replenishment becomes necessary.

3.6.4.6 minimum functional pressure for operation p_{mm} (or density ρ_{mm}): The pressure (Pa), referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which and above which rated characteristics of switchgear and controlgear are maintained and at which a replenishment of the control device becomes necessary. This pressure is often designated as interlocking pressure.

3.6.5 Definitions relating to gas and vacuum tightness

These definitions apply to all switchgear and controlgear which use vacuum or gas, other than air at atmospheric pressure, as insulating or combined insulating and interrupting or operating medium.

3.6.5.1 gas-filled compartment: A compartment of switchgear and controlgear in which the gas pressure is maintained by one of the following systems:

- a) système à pression entretenue;
- b) système à pression autonome;
- c) système à pression scellé.

NOTE – Plusieurs compartiments à remplissage de gaz peuvent être connectés en permanence pour former un système de gaz commun (ensemble étanche au gaz).

3.6.5.2 système à pression entretenue de gaz: Ensemble qui se remplit automatiquement à partir d'une réserve externe ou interne.

NOTES

- 1 Les disjoncteurs à air comprimé, ou les mécanismes de commande pneumatique sont des exemples de système à pression entretenue.
- 2 Plusieurs compartiments à remplissage de gaz raccordés en permanence peuvent constituer un ensemble.

3.6.5.3 système à pression autonome de gaz: Ensemble qui ne reçoit que des apports périodiques de gaz par raccordement manuel à une réserve extérieure.

NOTE – Les disjoncteurs à simple pression de SF₆ sont des exemples de systèmes à pression autonome.

3.6.5.4 système à pression scellé: Ensemble pour lequel aucune manipulation de gaz n'est requise pendant la durée de service escomptée.

NOTES

- 1 Les disjoncteurs à vide et certains disjoncteurs à SF₆ sont des exemples de systèmes à pression scellés.
- 2 Les systèmes à pression scellés sont entièrement montés et contrôlés en usine.

3.6.5.5 taux de fuite absolu, F : Quantité de gaz perdu par une unité de temps, exprimé en Pa.m³/s.

3.6.5.6 taux de fuite admissible, F_p : Taux de fuite absolu maximal admissible spécifié par le constructeur pour une pièce, un composant, un sous-ensemble ou, par le biais du tableau de coordination des étanchéités TC pour un assemblage de pièces ou de sous-ensembles interconnectés en un seul système à pression.

3.6.5.7 taux de fuite relatif, F_{rel} : Taux de fuite absolu rapporté à la quantité totale de gaz du système à la pression (ou masse volumique) assignée de remplissage. Il s'exprime en pourcentage par an ou par jour.

3.6.5.8 intervalle entre compléments de remplissage T : Temps écoulé entre deux compléments de remplissage effectués manuellement ou automatiquement lorsque la pression (ou la densité) atteint le seuil d'alarme, pour compenser le taux de fuite F .

3.6.5.9 nombre de compléments de remplissage par jour, N : Nombre de compléments de remplissage qui compensent le taux de fuite F . Cette grandeur s'applique aux systèmes à pression entretenue.

3.6.5.10 baisse de pression, Δp : Baisse de pression, pendant une durée donnée, provoquée par le taux de fuite F , sans complément de remplissage.

3.6.5.11 tableau de coordination des étanchéités, TC: Document de synthèse établi par le constructeur, utilisé pour l'essai des pièces, des composants ou des sous-ensembles, qui démontre la relation entre leurs étanchéités et celle de l'ensemble complet.

- a) controlled pressure system;
- b) closed pressure system;
- c) sealed pressure system.

NOTE – Several gas-filled compartments may be permanently interconnected to form a common gas-system (gas-tight assembly).

3.6.5.2 controlled pressure system for gas: A volume which is automatically replenished from an external or internal gas source.

NOTES

- 1 Examples of controlled pressure systems are air-blast circuit-breakers or pneumatic operating mechanisms.
- 2 A volume may consist of several permanently connected gas-filled compartments.

3.6.5.3 closed pressure system for gas: A volume which is replenished only periodically by manual connection to an external gas source.

NOTE – Example of closed pressure systems are SF₆ single pressure circuit-breakers.

3.6.5.4 sealed pressure system: A volume for which no further gas or vacuum processing is required during its expected operating life.

NOTES

- 1 Examples of sealed pressure systems are tubes of vacuum circuit-breakers or some SF₆ circuit-breakers.
- 2 Sealed pressure systems are completely assembled and tested in the factory.

3.6.5.5 absolute leakage rate, F : The amount of gas escaped by time unit, expressed in Pa.m³/s.

3.6.5.6 permissible leakage rate, F_p : The maximum permissible absolute leakage rate of gas specified by the manufacturer for a part, a component or a sub-assembly, or by using the tightness coordination chart (TC) for an arrangement of parts, components or sub-assemblies connected together in one pressure system.

3.6.5.7 relative leakage rate, F_{rel} : The absolute leakage rate related to the total amount of gas in the system at rated filling pressure (or density). It is expressed in percentage per year or per day.

3.6.5.8 time between replenishments, T : The time elapsed between two replenishments performed either manually or automatically when the pressure (density) reaches the alarm level, to compensate the leakage rate F .

3.6.5.9 number of replenishments per day, N : The number of replenishments to compensate the leakage rate F . This value is applicable to controlled pressure systems.

3.6.5.10 pressure drop, Δp : The drop of pressure in a given time caused by the leakage rate F , without replenishment.

3.6.5.11 tightness coordination chart, TC: A survey document supplied by the manufacturer, used when testing parts, components or sub-assemblies, to demonstrate the relationship between the tightness of a complete system and that of the parts, components and/or sub-assemblies.

3.6.5.12 mesurage des fuites par accumulation: Mesurage qui englobe toutes les fuites d'un ensemble pour déterminer son taux de fuite.

3.6.5.13 reniflage: Action par laquelle on déplace lentement la sonde d'un fuite-mètre pour localiser une fuite de gaz.

3.6.6 Définitions relatives à l'étanchéité aux liquides

Ces définitions s'appliquent à tout appareillage utilisant pour l'isolement, la coupure ou la commande, un liquide avec ou sans pression permanente.

3.6.6.1 système à pression entretenue de liquide: Ensemble à complément de remplissage automatique de liquide.

3.6.6.2 système à pression autonome de liquide: Ensemble qui ne reçoit que des apports périodiques de liquide, par raccordement manuel.

3.6.6.3 taux de fuite absolu, F_{liq} : Quantité de liquide perdu par unité de temps, exprimée en cm^3/s .

3.6.6.4 taux de fuite admissible, $F_{p(liq)}$: Taux de fuite maximal admissible spécifié par le constructeur pour un système à pression de liquide.

3.6.6.5 nombre de compléments par jour, N_{liq} : Nombre de compléments de remplissage par jour pour compenser le taux de fuite F_{liq} . Cette grandeur s'applique aux systèmes à pression entretenue.

3.6.6.6 baisse de pression, ΔP_{liq} : Baisse de pression pendant une durée donnée provoquée par le taux de fuite F_{liq} sans complément de remplissage.

3.7 Grandeurs caractéristiques

3.7.1 distance de sectionnement [VEI 441-17-35]

3.7.2 degré de protection: Niveau de protection procuré par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, contre la pénétration de corps solides étrangers et/ou contre la pénétration de l'eau, et vérifié par des méthodes d'essai normalisées. [3.3 de la CEI 529]

3.7.3 valeur assignée: Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel. [VEI 151-04-03]

3.8 Index des définitions

A

Appareillage	3.1.1
Auxiliaire autoprotégé	3.2.1
Auxiliaire automatique de commande.....	3.5.13
Auxiliaire de commande.....	3.5.7

B

Baisse de pression	3.6.5.10 & 3.6.6.6
--------------------------	--------------------

3.6.5.12 cumulative leakage measurement: A measurement which takes into account all the leaks from a given assembly to determine the leakage rate.

3.6.5.13 sniffing: The action of slowly moving a leak meter sensing probe around an assembly to locate a gas leak.

3.6.6 Definitions relating to liquid tightness

These definitions apply to all switchgear and controlgear which use liquids as insulating, combined insulating and interrupting, or control medium with or without permanent pressure.

3.6.6.1 controlled pressure system for liquid: A volume which is automatically replenished with liquid.

3.6.6.2 closed pressure system for liquid: A volume which is manually replenished only periodically with liquid.

3.6.6.3 absolute leakage rate, F_{liq} : The amount of liquid escaped by time unit, expressed in cm^3/s .

3.6.6.4 permissible leakage rate, $F_{p(liq)}$: The maximum permissible leakage rate specified by the manufacturer for a liquid pressure system.

3.6.6.5 number of replenishments per day, N_{liq} : The number of replenishments to compensate the leakage rate F_{liq} . This value is applicable to controlled pressure systems.

3.6.6.6 pressure drop, ΔP_{liq} : The drop in pressure in a given time caused by the leakage rate F_{liq} without replenishment.

3.7 Characteristic quantities

3.7.1 isolating distance [IEV 441-17-35]

3.7.2 degree of protection: The extent of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and/or ingress of water and verified by standardized test methods. [3.3 of IEC 529]

3.7.3 rated value: A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component device or equipment. [IEV 151-04-03]

3.8 Index of definitions

A

Absolute leakage rate	3.6.5.5 and 3.6.6.3
Alarm pressure for insulation	3.6.4.3
Alarm pressure for operation.....	3.6.4.4
Ambient air temperature	3.1.16
Auxiliary circuit	3.5.4
Auxiliary contact	3.5.8
Auxiliary switch	3.5.6

C

Circuit auxiliaire.....	3.5.4
Circuit de commande.....	3.5.5
Code IP	3.1.3
Compartiment à remplissage de gaz	3.6.5.1
Contacts.....	3.5.3
Contact auxiliaire.....	3.5.8
Contact de commande.....	3.5.9
Contact pour basse énergie	3.5.14

D

Défaillance	3.1.12
Défaillance majeure.....	3.1.13
Défaillance mineure.....	3.1.14
Défaut	3.1.15
Degré de protection	3.7.2
Définitions relative à la pression	3.6.4
Dispositif de surveillance	3.5.12
Distance de sectionnement.....	3.7.1

E

Entretien	3.1.5
Enveloppe	3.5.1
Essais de diagnostic.....	3.1.8
Examen.....	3.1.9

I

Indicateur de position	3.5.11
Inspection.....	3.1.7
Interrupteur auxiliaire.....	3.5.6
Intervalle entre compléments de remplissage.....	3.6.5.8
Isolation externe.....	3.1.2

M

Maintenance.....	3.1.5
Maintenance systématique.....	3.1.6
Manoeuvre effectuée positivement.....	3.6.3
Manoeuvre à accumulation d'énergie	3.6.2
Manoeuvre dépendante à source d'énergie extérieure.....	3.6.1
Mesurage des fuites par accumulation	3.6.5.12

N

Nombre de compléments de remplissage par jour.....	3.6.5.9
Nombre de compléments par jour	3.6.6.5

C

Closed pressure system for gas	3.6.5.3
Closed pressure system for liquid	3.6.6.2
Connection	3.5.10
Contact	3.5.3
Control circuit	3.5.5
Control contact	3.5.9
Control switch	3.5.7
Controlled pressure system for gas	3.6.5.2
Controlled pressure system for liquid	3.6.6.1
Cumulative leakage measurement	3.6.5.12

D

Defect	3.1.15
Degree of protection	3.7.2
Dependent power operation	3.6.1
Diagnostic tests	3.1.8
Downtime	3.1.11

E

Enclosure	3.5.1
Examination	3.1.9
External insulation	3.1.2

F

Failure	3.1.12
---------------	--------

G – I

Gas-filled compartment	3.5.5.1
Independent power operation	3.6.2
Inspection	3.1.7
IP Code	3.1.3
Isolating distance	3.7.1

L – M

Low energy contact	3.5.14
Maintenance	3.1.5
Major failure	3.1.13
Minimum functional pressure for insulation	3.6.4.5
Minimum functional pressure for operation	3.6.4.6
Minor failure	3.1.14
Monitoring device	3.5.12

P

Partie dangereuse	3.5.2
Pression assignée de remplissage pour l'isolement	3.6.4.1
Pression assignée de remplissage pour la manoeuvre	3.6.4.2
Pression d'alarme pour l'isolement	3.6.4.3
Pression d'alarme pour la manoeuvre	3.6.4.4
Pression minimale de fonctionnement pour l'isolement	3.6.4.5
Pression minimale de fonctionnement pour la manoeuvre	3.6.4.6
Protection procurée par une enveloppe	3.1.4

R

Raccord	3.5.10
Reniflage	3.6.5.13

S

Spécimen d'essai	3.2.2
Système à pression autonome de gaz	3.6.5.3
Système à pression autonome de liquide	3.6.6.2
Système à pression entretenue de gaz	3.6.5.2
Système à pression entretenue de liquide	3.6.6.1
Système à pression scellé	3.6.5.4

T

Tableau de coordination des étanchéités	3.6.5.11
Taux de fuite absolu	3.6.5.5
Taux de fuite absolu de liquide	3.6.6.3
Taux de fuite admissible	3.6.5.6
Taux de fuite admissible de liquide	3.6.6.4
Taux de fuite relatif	3.6.5.7
Température de l'air ambiant	3.1.16
Temps d'indisponibilité	3.1.11

U – V

Unité de transport	3.3.1
Valeur assignée	3.7.3

4 Caractéristiques assignées

Il convient de choisir les caractéristiques assignées communes pour l'appareillage, y compris les dispositifs de commande et l'équipement auxiliaire, parmi les caractéristiques suivantes:

- tension assignée (U_r)
- niveau d'isolement assigné
- fréquence assignée (f_r)
- courant assigné en service continu (I_r)
- courant de courte durée admissible assigné (I_k)

N – O

Number of replenishments per day.....	3.6.5.9 and 3.6.6.5
Overhaul	3.1.10

P

Permissible leakage rate.....	3.6.5.6 and 3.6.6.4
Pilot switch	3.5.13
Position indicating device.....	3.5.11
Positively driven.....	3.6.3
Pressure drop.....	3.6.5.10 and 3.6.6.6
Protection provided by an enclosure against access to hazardous parts	3.1.4

R

Rated filling pressure for insulation	3.6.4.1
Rated filling pressure for operation	3.6.4.2
Rated value	3.7.3
Relative leakage rate	3.6.5.7

S

Scheduled maintenance.....	3.1.6
Sealed pressure system.....	3.6.5.4
Self-protected switchgear	3.2.1
Sniffing.....	3.6.5.13
Switchgear and controlgear.....	3.1.1

T

Test specimen.....	3.2.2
Tightness coordination chart.....	3.6.5.11
Time between replenishments.....	3.6.5.8
Transport unit	3.3.1

4 Ratings

The common ratings of switchgear and controlgear, including their operating devices and auxiliary equipment, should be selected from the following:

- rated voltage (U_r)
- rated insulation level
- rated frequency (f_r)
- rated normal current (I_r)
- rated short-time withstand current (I_k)

- f) valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)
- g) durée admissible assignée du courant de court-circuit (t_k)
- h) tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (U_a)
- i) fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires
- j) pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la manoeuvre.

NOTE – D'autres caractéristiques assignées peuvent être nécessaires et seront spécifiées dans les normes particulières de la CEI.

4.1 Tension assignée (U_r)

La tension assignée correspond à la limite supérieure de la tension la plus élevée des réseaux pour lesquels l'appareillage est prévu. Les valeurs normales de la tension assignée sont indiquées ci-dessous.

NOTE – Pour des raisons d'ordre rédactionnel qui concernent principalement les tensions transitoires de rétablissement, la subdivision en gammes de tension est différente de celle de la CEI 38.

4.1.1 Gamme I pour les tensions assignées inférieures ou égales à 245 kV

Série I 3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV – 52 kV – 72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV.

Série II (basée sur la pratique courante en Amérique du Nord): 4,76 kV – 8,25 kV – 15 kV – 25,8 kV – 38 kV – 48,3 kV – 72,5 kV.

4.1.2 Gamme II pour les tensions assignées supérieures à 245 kV

300 kV – 362 kV – 420 kV – 550 kV – 800 kV.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement assigné d'un appareil de connexion doit être choisi parmi les valeurs indiquées dans les tableaux 1 et 2.

Les valeurs de la tension de tenue des tableaux correspondent aux conditions atmosphériques normales de référence (température, pression et humidité) spécifiées dans la CEI 71-1. Pour des conditions spéciales de service, voir 2.2.

Les valeurs assignées de tension de tenue aux chocs de foudre (U_p), aux chocs de manoeuvre (U_s) (lorsque cela est applicable) et aux tensions à fréquence industrielle (U_d), doivent être choisies sans couper de ligne horizontale marquée. Le niveau d'isolement assigné est spécifié par la tension de tenue aux chocs de foudre entre phase et terre.

Pour la plupart des tensions assignées, plusieurs niveaux d'isolement existent permettant l'application de différents critères de performance ou systèmes de surtensions. Il convient de faire le choix en tenant compte du degré d'exposition aux surtensions à front rapide et à front lent, du type de mise à la terre du neutre du réseau et du type de dispositifs limiteurs de surtensions (voir CEI/FDIS 71-2).

- f) rated peak withstand current (I_p)
- g) rated duration of short circuit (t_k)
- h) rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits (U_a)
- i) rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits
- j) rated pressure of compressed gas supply for insulation or operation.

NOTE – Other rated characteristics may be necessary and will be specified in the relevant IEC standards.

4.1 Rated voltage (U_r)

The rated voltage indicates the upper limit of the highest voltage of systems for which the switchgear and controlgear is intended. Standard values of rated voltages are given below:

NOTE – For editorial reasons, mainly due to the characteristics of the transient recovery voltages, the subdivision in voltage ranges differs from that in IEC 38.

4.1.1 Range I for rated voltages of 245 kV and below

Series I 3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV – 52 kV – 72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV.

Series II (based on the current practice in North America): 4,76 kV – 8,25 kV – 15 kV – 25,8 kV – 38 kV – 48,3 kV – 72,5 kV.

4.1.2 Range II for rated voltages above 245 kV

300 kV – 362 kV – 420 kV – 550 kV – 800 kV.

4.2 Rated insulation level

The rated insulation level of switchgear and controlgear shall be selected from the values given in tables 1 and 2.

In these tables, the withstand voltage applies at the standardized reference atmosphere (temperature, pressure and humidity) specified in IEC 71-1. For special service conditions, see 2.2.

The rated withstand voltage values for lightning impulse voltage (U_p), switching impulse voltage (U_s) (when applicable), and power-frequency voltage (U_d) shall be selected without crossing the horizontal marked lines. The rated insulation level is specified by the rated lightning impulse withstand voltage phase to earth.

For most of the rated voltages, several rated insulation levels exist to allow for application of different performance criteria or overvoltage patterns. The choice should be made considering the degree of exposure to fast-front and slow-front overvoltages, the type of neutral earthing of the system and the type of overvoltage limiting devices (see IEC/FDIS 71-2).

Les «valeurs communes» utilisées dans les tableaux 1a et 1b s'appliquent entre phase et terre, entre pôles et entre bornes de l'appareil de connexion ouvert, sauf spécification contraire dans la présente norme. Les valeurs de tenues «sur la distance de sectionnement» ne s'appliquent que pour les appareils de connexion dont l'espace entre contacts ouverts est conçu pour satisfaire les exigences de sécurité spécifiées pour les sectionneurs.

Pour de plus amples informations sur les niveaux de l'isolement, voir l'annexe D.

Tableau 1a – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série I

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Valeur commune	Sur la distance de sectionnement	Valeur commune	Sur la distance de sectionnement
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195
52	95	110	250	290
72,5	140	160	325	375
100	150	175	380	440
	185	210	450	520
123	185	210	450	520
	230	265	550	630
145	230	265	550	630
	275	315	650	750
170	275	315	650	750
	325	375	750	860
245	360	415	850	950
	395	460	950	1050
	460	530	1050	1200

The "common values" as used in tables 1a and 1b apply to phase-to-earth, between phases and across the open switching device, if not otherwise specified in this standard. The withstand voltage values "across the isolating distance" are valid only for the switching devices where the clearance between open contacts is designed to meet the safety requirements specified for disconnectors.

For further information about insulation levels, see annex D.

Table 1a – Rated insulation levels for rated voltages of range I, series I

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Common value	Across the isolating distance	Common value	Across the isolating distance
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195
52	95	110	250	290
72,5	140	160	325	375
100	150	175	380	440
	185	210	450	520
123	185	210	450	520
	230	265	550	630
145	230	265	550	630
	275	315	650	750
170	275	315	650	750
	325	375	750	860
245	360	415	850	950
	395	460	950	1 050
	460	530	1 050	1 200

Tableau 1b – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série II (utilisés en Amérique du Nord)*

Tension assignée U_r kV (efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)				Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Valeur commune		Distance de sectionnement		Valeur commune	Distance de sectionnement
	A sec	Sous pluie**	A sec	Sous pluie**		
(1)	(2)	(2 a)	(3)	(3 a)	(4)	(5)
4,76	19	—	21	—	60	70
8,25	26	24	29	27	75	80
	35	30	39	33	95	105
15	35	30	39	33	95	105
	50	45	55	50	110	125
25,8	50	45	55	50	125	140
	70	60	77	66	150	165
38	70	60	77	66	150	165
	95	80	105	88	200	220
48,3	120	100	132	110	250	275
72,5	160	145	176	154	350	385

* Pour les tensions assignées supérieures à 72,5 kV jusques et y compris 245 kV, les valeurs du tableau 1a sont applicables.

** La durée de l'essai de tenue sous pluie est de 10 s pour les matériels d'extérieur. Voir 9.2 de la CEI 60-1.

**Table 1b – Rated insulation levels for rated voltages of range I, series II
(used in North America)***

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)				Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Common value		Across the isolating distance		Common value	Across isolating distance
	Dry	Wet**	Dry	Wet**		
(1)	(2)	(2 a)	(3)	(3 a)	(4)	(5)
4,76	19	–	21	–	60	70
8,25	26	24	29	27	75	80
	35	30	39	33	95	105
15	35	30	39	33	95	105
	50	45	55	50	110	125
25,8	50	45	55	50	125	140
	70	60	77	66	150	165
38	70	60	77	66	150	165
	95	80	105	88	200	220
48,3	120	100	132	110	250	275
72,5	160	140	176	154	350	385

* For rated voltages higher than 72,5 kV up to and including 245 kV, the values of table 1a are applicable.

** Wet values are a 10 s withstand for equipment used outdoors. See 3.2 of IEC 60-1.

Tableau 2a – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme II

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre U_s kV (valeur de crête)			Tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre, et entre phases (note 3)	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement (note 3)	Entre phase et terre, et entre contacts ouverts	Entre phases (notes 3 et 4)	Sur la distance de sectionnement (notes 1, 2 et 3)	Entre phase et terre, et entre phases	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement (notes 2 et 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	380	435	750	1125	700 (+ 245)	950	950 (+ 170)
			850	1275		1050	1050 (+ 170)
362	450	520	850	1275	800 (+ 295)	1050	1050 (+ 205)
			950	1425		1175	1175 (+ 205)
420	520	610	950	1425	900 (+ 345)	1300	1300 (+ 240)
			1050	1575		1425	1425 (+ 240)
550	620	800	1050	1680	900 (+ 450)	1425	1425 (+ 315)
			1175	1760		1550	1550 (+ 315)
800	830	1150	1300	2210	1100 (+ 650)	1800	1800 (+ 455)
			1425	2420		2100	2100 (+ 455)

NOTES

1 La colonne (6) est aussi applicable à certains disjoncteurs, voir la CEI 56.

2 Dans la colonne (6), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à fréquence industrielle $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ appliquée à la borne opposée (tension combinée).

Dans la colonne (8) les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à fréquence industrielle $0,7 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ appliquée à la borne opposée (tension combinée).

Voir l'annexe D

3 Les valeurs de la colonne (2) sont applicables:

a) pour les essais de type entre phase et terre,

b) pour les essais individuels de série, entre phase et terre, entre phases et entre contacts ouverts.

Les valeurs des colonnes (3), (5), (6) et (8) ne sont applicables que pour les essais de type.

4 Ces valeurs sont dérivées des facteurs donnés au tableau 3 de la CEI 71-1.

Table 2a – Rated insulation levels for rated voltages of range II

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated switching impulse withstand voltage U_s kV (peak value)			Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Phase-to-earth and between phases (note 3)	Across open switching device and/or isolating distance (note 3)	Phase-to-earth and across open switching device	Between phases (notes 3 and 4)	Across isolating distance (notes 1, 2 and 3)	Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance (notes 2 and 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	380	435	750	1125	700 (+ 245)	950	950 (+ 170)
			850	1275		1050	1050 (+ 170)
362	450	520	850	1275	800 (+ 295)	1050	1050 (+ 205)
			950	1425		1175	1175 (+ 205)
420	520	610	950	1425	900 (+ 345)	1300	1300 (+ 240)
			1050	1575		1425	1425 (+ 240)
550	620	800	1050	1680	900 (+ 450)	1425	1425 (+ 315)
			1175	1760		1550	1550 (+ 315)
800	830	1150	1300	2210	1100 (+ 650)	1800	1800 (+ 455)
			1425	2420		2100	2100 (+ 455)

NOTES

1 Column (6) is also applicable to some circuit-breakers, see IEC 56.

2 In column (6), values in brackets are the peak values of the power-frequency voltage $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ applied to the opposite terminal (combined voltage).

In column (8), values in brackets are the peak values of the power-frequency voltage $0,7 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ applied to the opposite terminal (combined voltage).

See annex D.

3 Values of column (2) are applicable:

a) for type tests, phase-to-earth,

b) for routine tests, phase-to-earth, phase-to-phase, and across the open switching device.

Values of columns (3), (5), (6) and (8) are applicable for type tests only.

4 These values are derived using the multiplying factors stated in table 3 of IEC 71-1.

Tableau 2b – Niveaux d'isolement supplémentaires utilisés en Amérique du Nord pour les tensions assignées de la gamme II

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre U_s kV (valeur de crête)			Tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre, et entre phases	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement	Entre phase et terre, et entre contacts ouverts	Entre phases	Sur la distance de sectionnement	Entre phase et terre, et entre phases	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement
	(note 3)	(note 3)		(notes 3 et 4)	(notes 1, 2 et 3)		(notes 2 et 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
362	520	610	950	1425	800 (+ 295)	1300	1300 (+ 205)
550	710	890	1175	2210	900 (+ 450)	1800	1800 (+ 315)
Les notes sont identiques à celles du tableau 2a.							

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Les valeurs normales de la fréquence assignée sont 16 2/3 Hz, 25 Hz, 50 Hz et 60 Hz.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)

Le courant assigné en service continu de l'appareillage est la valeur efficace du courant qu'il doit être capable de supporter indéfiniment dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

Il convient de choisir les valeurs des courants assignés en service continu dans la série R 10, spécifiées dans la CEI 59.

NOTES

- 1 La série R 10 comprend les nombres 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 et leurs produits par 10^n .
- 2 Les courants assignés pour service temporaire ou intermittent dépendent de l'accord entre constructeur et utilisateur.

4.4.2 Echauffement

L'échauffement de n'importe quelle partie de l'appareillage pour une température de l'air ambiant n'excédant pas 40 °C ne doit pas dépasser les limites d'échauffement spécifiées au tableau 3, dans les conditions spécifiées aux articles concernant les essais.

Table 2b – Additional rated insulation levels in North America for range II

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated switching impulse withstand voltage U_s kV (peak value)			Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Phase-to-earth and between phases (note 3)	Across open switching device and/or isolating distance (note 3)	Phase-to-earth and across open switching device	Between phases (notes 3 and 4)	Across isolating distance (notes 1, 2 and 3)	Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance (notes 2 and 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
362	520	610	950	1425	800 (+ 295)	1300	1300 (+ 205)
550	710	890	1175	2210	900 (+ 450)	1800	1800 (+ 315)
The notes are the same as those to table 2a.							

4.3 Rated frequency (f_r)

The standard values of the rated frequency are 16 2/3 Hz, 25 Hz, 50 Hz and 60 Hz.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r)

The rated normal current of switchgear and controlgear is the r.m.s. value of the current which switchgear and controlgear shall be able to carry continuously under specified conditions of use and behaviour.

The values of rated normal currents should be selected from the R 10 series, specified in IEC 59.

NOTES

- 1 The R 10 series comprises the numbers 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their products by 10^n .
- 2 Rated currents for temporary or for intermittent duty are subject to agreement between manufacturer and user.

4.4.2 Temperature rise

The temperature rise of any part of switchgear and controlgear at an ambient air temperature not exceeding 40 °C shall not exceed the temperature-rise limits specified in table 3 under the conditions specified in the test clauses.

Tableau 3 – Limites de température et d'échauffement pour les différents organes, matériaux et diélectriques de l'appareillage à haute tension

Nature de l'organe, du matériau et du diélectrique (Voir les points 1, 2 et 3) (Voir note)	Valeurs maximales	
	Température °C	Echauffement à une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C K
1 Contacts (voir point 4) Cuivre et alliage de cuivre nu – dans l'air – dans le SF ₆ (hexafluorure de soufre, voir point 5) – dans l'huile Argentés ou nickelés (voir point 6) – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile Étamés (voir point 6) – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile	 75 105 80 105 105 90 90 90 90	 35 65 40 65 65 50 50 50 50
2 Raccords par boulons ou dispositifs équivalents (voir point 4) Cuivre nu, alliage de cuivre nu et alliage d'aluminium – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile Argentés ou nickelés – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile Étamés – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile	 90 115 100 115 115 100 105 105 100	 50 75 60 75 75 60 65 65 60
3 Tous contacts ou raccords constitués d'autres métaux nus ou protégés par d'autres revêtements	(voir point 7)	(voir point 7)
4 Bornes pour le raccordement à des conducteurs extérieurs au moyen de vis ou de boulons (voir point 8) – nus – argentés, nickelés ou étamés – protégés par d'autres revêtements	 90 105 (voir point 7)	 50 65 (voir point 7)
5 Huile pour appareils de connexion dans l'huile (voir points 9 et 10)	90	50
6 Pièces métalliques jouant le rôle de ressorts	(voir point 11)	(voir point 11)
7 Matériaux utilisés comme isolant et pièces métalliques en contact avec des isolants des classes suivantes (voir point 12) – Y – A – E – B – F – Email: à base d'huile synthétique – H – C autre matériau isolant	 90 105 120 130 155 100 120 180 (voir point 13)	 50 65 80 90 115 60 80 140 (voir point 13)
8 Toute pièce métallique ou en matériau isolant en contact avec l'huile, à l'exception des contacts	100	60
9 Parties accessibles – prévues pour être touchées en service normal – non prévues pour être touchées en service normal	 70 80	 30 40
NOTE – Les points auxquels se réfère ce tableau sont ceux de 4.4.3.		

Table 3 – Limits of temperature and temperature rise for various parts, materials and dielectrics of high-voltage switchgear and controlgear

Nature of the part, of the material and of the dielectric (See points 1, 2 and 3) (See note)	Maximum value	
	Temperature	Temperature rise at ambient air temperature not exceeding 40 °C
	°C	K
1 Contacts (see point 4) Bare-copper or bare-copper alloy – in air – in SF ₆ (sulphur hexafluoride) (see point 5) – in oil Silver-coated or nickel-coated (see point 6) – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil Tin-coated (see point 6) – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil	75 105 80 105 105 90 90 90 90 90	35 65 40 65 65 50 50 50 50 50
2 Connection, bolted or the equivalent (see point 4) Bare-copper, bare-copper alloy or bare-aluminium alloy – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil Silver-coated or nickel-coated see point 6) – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil Tin-coated – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil	90 115 100 115 115 100 105 105 100	50 75 60 75 75 60 65 65 60
3 All other contacts or connections made of bare metals or coated with other materials	(see point 7)	(see point 7)
4 Terminals for the connection to external conductors by screws or bolts (see point 8) – bare – silver, nickel or tin-coated – other coatings	90 105 (see point 7)	50 65 (see point 7)
5 Oil for oil switching devices (see points 9 and 10)	90	50
6 Metal parts acting as springs	(see point 11)	(see point 11)
7 Materials used as insulation and metal parts in contact with insulation of the following classes (see point 12) – Y – A – E – B – F – Enamel: oil base – synthetic – H – C other insulating material	90 105 120 130 155 100 120 180 (see point 13)	50 65 80 90 115 60 80 140 (see point 13)
8 Any part of metal or of insulating material in contact with oil, except contacts	100	60
9 Accessible parts – expected to be touched in normal operation – which need not to be touched in normal operation	70 80	30 40
NOTE – The points referred to in this table are those of 4.4.3.		

4.4.3 Points particuliers du tableau 3

Le tableau 3 se réfère aux points suivants qui le complètent:

- Point 1** Suivant sa fonction, le même organe peut appartenir à plusieurs des catégories énumérées au tableau 3. Dans ce cas, les valeurs maximales admissibles de la température et de l'échauffement à prendre en considération sont les plus faibles dans les catégories concernées.
- Point 2** Pour les appareils de connexion dans le vide, les valeurs limites de température et d'échauffement ne s'appliquent pas aux organes dans le vide. Les autres organes ne doivent pas dépasser les valeurs de température et d'échauffement indiquées au tableau 3.
- Point 3** Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour qu'aucun dommage ne soit causé aux matériaux isolants environnants.
- Point 4** Lorsque des pièces adjacentes ont les revêtements différents, ou si l'une d'elles est en matériau nu, les températures et échauffements admissibles doivent être:
 - a) pour les contacts, les valeurs les plus basses pour les matériaux de surface permises dans la partie 1 du tableau 3;
 - b) pour les raccords, les valeurs les plus hautes pour les matériaux de surface permises dans la partie 2 du tableau 3.
- Point 5** SF₆ signifie le SF₆ pur ou un mélange de SF₆ et de gaz sans oxygène.

NOTES

- 1 Compte tenu de l'absence d'oxygène, l'harmonisation des limites de températures acceptables pour différentes pièces de contact et de connexions dans l'appareillage au SF₆ semble opportune. Selon la CEI 943 qui guide pour spécifier les températures acceptables, les limites de température acceptable pour les pièces en cuivre nu et en alliage de cuivre nu peuvent être égales à celles des pièces argentées ou nickelées dans une atmosphère de SF₆. Dans le cas particulier des pièces étamées, une augmentation des températures admissibles n'est pas possible, même dans une atmosphère de SF₆ sans oxygène à cause de l'effet de «fretting corrosion» (se reporter à la CEI 943). Les valeurs initiales des pièces étamées ont donc été maintenues.
- 2 Les échauffements pour le cuivre nu et pour le cuivre argenté, dans le SF₆ sont à l'étude.

- Point 6** La qualité de revêtement doit être telle qu'une couche continue de protection subsiste dans la zone de contact:
 - a) après les essais d'établissement et de coupure (s'ils existent);
 - b) après l'essai au courant de courte durée admissible;
 - c) après l'essai d'endurance mécanique;
 selon les spécifications propres à chaque matériel.
 Dans le cas contraire, les contacts doivent être considérés comme «nus».
- Point 7** Lorsque d'autres matériaux que ceux indiqués au tableau 3 sont utilisés, leurs propriétés doivent être prises en considération, notamment pour déterminer les valeurs maximales admissibles pour les échauffements.
- Point 8** Les valeurs de température et d'échauffement sont valables même si le conducteur relié aux bornes est nu.
- Point 9** A la partie supérieure de l'huile.
- Point 10** Il convient de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.
- Point 11** La température ne doit pas atteindre une valeur telle que l'élasticité du matériau soit diminuée.
- Point 12** Les classes de matériaux isolants sont celles indiquées dans la CEI 85.
- Point 13** Limité seulement par l'exigence de ne pas endommager les parties environnantes.

4.4.3 Particular points of table 3

The following points are referred to in table 3 and complete it.

Point 1 According to its function, the same part may belong to several categories as listed in table 3.

In this case the permissible maximum values of temperature and temperature rise to be considered are the lowest among the relevant categories.

Point 2 For vacuum switching devices, the values of temperature and temperature-rise limits are not applicable for parts in vacuum. The remaining parts shall not exceed the values of temperature and temperature rise given in table 3.

Point 3 Care shall be taken to ensure that no damage is caused to the surrounding insulating materials.

Point 4 When engaging parts have different coatings or one part is of bare material, the permissible temperatures and temperature rises shall be:

a) for contacts, those of the surface material having the lowest value permitted in item 1 of table 3;

b) for connections, those of the surface material having the highest value permitted in item 2 of table 3.

Point 5 SF₆ means pure SF₆ or a mixture of SF₆ and other oxygen-free gases.

NOTES

1 Due to the absence of oxygen, a harmonization of the limits of temperature for different contact and connection parts in the case of SF₆ switchgear appears appropriate. In accordance with IEC 943, which gives guidance for the specification of permissible temperatures, the permissible temperature limits for bare copper and bare copper alloy parts can be equalized to the values for silver-coated or nickel-coated parts in the case of SF₆ atmospheres.

In the particular case of tin-coated parts, due to fretting corrosion effects (refer to IEC 943) an increase of the permissible temperatures is not applicable, even under the oxygen-free conditions of SF₆. Therefore the initial values for tin-coated parts are kept.

2 Temperature rises for bare copper and silver-coated contacts in SF₆ are under consideration.

Point 6 The quality of the coated contacts shall be such that a continuous layer of coating material remains in the contact area:

a) after making and breaking test (if any):

b) after short-time withstand current test:

c) after the mechanical endurance test:

according to the relevant specifications for each equipment. Otherwise, the contacts shall be regarded as "bare".

Point 7 When materials other than those given in table 3 are used, their properties shall be considered, notably in order to determine the maximum permissible temperature rises.

Point 8 The values of temperature and temperature rise are valid even if the conductor connected to the terminals is bare.

Point 9 At the upper part of the oil.

Point 10 Special consideration should be given when low flash-point oil is used in regard to vaporization and oxidation.

Point 11 The temperature shall not reach a value where the elasticity of the material is impaired.

Point 12 Classes of insulating materials are those given in IEC 85.

Point 13 Limited only by the requirement not to cause any damage to surrounding parts.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Valeur efficace du courant que l'appareillage peut supporter en position de fermeture pendant une courte durée spécifiée, et dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

Il convient de choisir la valeur normale du courant de courte durée admissible assigné dans la série R 10 spécifiée dans la CEI 59, et cette valeur doit être égale à la caractéristique de court-circuit assignée spécifiée pour l'appareillage.

NOTE – La série R 10 comprend les nombres 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 et leurs produits par 10^n .

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Valeur de crête du courant dans la première grande alternance du courant de courte durée admissible que l'appareillage peut supporter en position de fermeture et dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

La valeur normale de crête du courant admissible assigné doit correspondre à la fréquence assignée. Pour une fréquence assignée inférieure ou égale à 50 Hz, elle est égale à 2,5 fois la valeur du courant de courte durée admissible, et pour une fréquence assignée de 60 Hz, elle est égale à 2,6 fois la valeur du courant de courte durée admissible.

NOTE – Des valeurs supérieures à 2,5 ou 2,6 fois la valeur du courant de courte durée admissible assigné peuvent être demandées en fonction des caractéristiques du réseau.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Intervalle de temps pendant lequel un appareil mécanique de connexion, en position de fermeture, peut supporter un courant égal au courant de courte durée admissible assigné.

La valeur normale de la durée de court-circuit assignée est 1 s.

En cas de nécessité, une valeur différente de 1 s peut être choisie. Les valeurs recommandées sont: 0,5 s, 2 s et 3 s.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Par tension d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande, il faut entendre la tension mesurée aux bornes du circuit sur l'appareil lui-même pendant son fonctionnement, y compris, s'il y a lieu, les résistances auxiliaires ou les accessoires fournis ou demandés par le constructeur, et devant être installés en série sur le circuit, mais non compris les conducteurs de liaison à la source d'alimentation en électricité.

Il convient de choisir la tension assignée d'alimentation parmi les valeurs normales figurant aux tableaux 4 et 5.

4.5 *Rated short-time withstand current (I_k)*

The r.m.s. value of the current which the switchgear and controlgear can carry in the closed position during a specified short time under prescribed conditions of use and behaviour.

The standard value of rated short-time withstand current should be selected from the R 10 series specified in IEC 59, and shall be equal to the short-circuit rating assigned to switchgear and controlgear.

NOTE – The R 10 series comprises the numbers 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their products by 10^n .

4.6 *Rated peak withstand current (I_p)*

The peak current associated with the first major loop of the rated short-time withstand current which switchgear and controlgear can carry in the closed position under prescribed conditions of use and behaviour.

The rated peak withstand current shall correspond to the rated frequency. For a rated frequency of 50 Hz and below it is equal to 2,5 times the rated short-time withstand current, and for a rated frequency of 60 Hz it is equal to 2,6 times the rated short-time withstand current.

NOTE – Values higher than 2,5 or 2,6 times the rated short-time withstand current may be required according to the characteristics of the system.

4.7 *Rated duration of short circuit (t_k)*

The interval of time for which switchgear and controlgear can carry, in the closed position, a current equal to its rated short-time withstand current.

The standard value of rated duration of short circuit is 1 s.

If it is necessary, a value lower or higher than 1 s may be chosen. The recommended values are 0,5 s, 2 s and 3 s.

4.8 *Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)*

The supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits shall be understood to mean the voltage measured at the circuit terminals of the apparatus itself during its operation, including, if necessary, the auxiliary resistors or accessories supplied or required by the manufacturer to be installed in series with it, but not including the conductors for the connection to the electricity supply.

The rated supply voltage should be selected from the standard values given in tables 4 and 5.

Tableau 4 – Tension en courant continu

V
24
48
60
110 ou 125
220 ou 250

Tableau 5 – Tension en courant alternatif

Réseaux triphasés à trois ou quatre fils V	Réseaux monophasés à trois fils V	Réseaux monophasés à deux fils V
–	120/240	120
(220/380)	–	(220)
230/400	–	230
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
<p>NOTES</p> <p>1 Les valeurs inférieures de la première colonne désignent les tensions entre phase et neutre et les valeurs supérieures désignent les tensions entre phases. La valeur inférieure dans la deuxième colonne désigne la tension entre phase et neutre et la valeur supérieure désigne la tension entre lignes.</p> <p>2 La valeur 230/400 V sera, à l'avenir, la seule tension normale de la CEI, et son adoption est recommandée dans les nouveaux réseaux. Les variations de tension des réseaux existants à 220/380 V et 240/415 V devraient être ramenées dans la plage 230/400 V \pm 10 %. La réduction de cette plage sera prise en considération lors d'une étape ultérieure de la normalisation.</p> <p>3 Les tensions secondaires des transformateurs de protection et de mesure ne font pas l'objet de la présente norme.</p>		

Le dispositif de manoeuvre doit être capable de fermer et ouvrir l'appareil de connexion pour toute valeur de la tension d'alimentation comprise entre 85 % et 110 % de la valeur assignée. Pour le fonctionnement des déclencheurs, voir 5.8.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires

Les valeurs normales de la fréquence assignée d'alimentation sont: courant continu, 50 Hz, et 60 Hz.

Table 4 – Direct current voltage

V
24
48
60
110 or 125
220 or 250

Table 5 – Alternating current voltage

Three-phase, three-wire or four-wire systems V	Single-phase three-wire systems V	Single-phase two-wire systems V
–	120/240	120
(220/380)	–	(220)
230/400	–	230
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
<p>NOTES</p> <p>1 The lower values in the first column are voltages to neutral and the higher values are voltages between phases. The lower value in the second column is the voltage to neutral and the higher value is the voltage between lines.</p> <p>2 The value 230/400 V will be, in the future, the only IEC standard voltage and its adoption is recommended, in new systems. The voltage variations of existing systems at 220/380 V and 240/415 V should be brought within the range 230/400 V \pm 10 %. The reduction of this range will be considered in a later stage of standardization.</p> <p>3 The secondary voltages of protective and measuring transformers are not subject to this standard.</p>		

The operating device shall be capable of closing and opening the switching device for any value of supply voltage between 85 % and 110 % of the rated value. For operation of releases, see 5.8.

4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits

The standard values of rated supply frequency are DC, 50 Hz and 60 Hz.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la manoeuvre

Les valeurs normales de la pression assignée sont:

0,5 MPa – 1 MPa – 1,6 MPa – 2 MPa – 3 MPa – 4 MPa,

sauf spécification contraire du constructeur.

5 Conception et construction

5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le constructeur doit spécifier le type, ainsi que la quantité et la qualité requises du liquide devant être utilisé dans un appareillage et fournir à l'utilisateur les instructions nécessaires pour la régénération du liquide et le maintien de la quantité et de la qualité requises (voir 10.4.1, point d)).

5.1.1 Niveau du liquide

Un dispositif doit être prévu pour vérifier le niveau du liquide, de préférence en service, avec indication des limites minimales et maximales admissibles pour un fonctionnement correct.

NOTE – Ceci ne s'applique pas aux amortisseurs.

5.1.2 Qualité du liquide

Le liquide destiné à être utilisé dans l'appareillage doit être conforme aux instructions du constructeur.

Pour l'appareillage utilisant de l'huile, l'huile isolante neuve doit être conforme à la CEI 296.

5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le constructeur doit spécifier le type ainsi que la quantité, la qualité et la densité requises du gaz devant être utilisé dans un appareillage, et fournir à l'utilisateur les instructions nécessaires pour la régénération du gaz et le maintien de la quantité et de la qualité requises (voir 10.4.1, point a)), sauf dans le cas des systèmes à pression scellés.

Pour l'appareillage utilisant de l'hexafluorure de soufre, l'hexafluorure de soufre neuf doit être conforme à la CEI 376.

Pour éviter toute condensation, la quantité maximale admissible d'humidité dans un compartiment d'appareillage rempli de gaz, à la masse volumique assignée p_{re} , doit être telle que le point de rosée ne soit pas supérieur à -5 °C pour un mesurage effectué à 20 °C . Les mesures prises à d'autres températures doivent être corrigées de façon adéquate. Pour le mesurage et la détermination du point de rosée, voir la CEI 376B et la CEI 480.

Les parties d'appareillage à haute tension contenant du gaz comprimé doivent satisfaire aux prescriptions données dans les normes applicables de la CEI.

NOTE – On attire l'attention sur la nécessité de se conformer aux règlements concernant les réservoirs à pression.

4.10 *Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation*

The standard values of rated pressure are:

0,5 MPa – 1 MPa – 1,6 MPa – 2 MPa – 3 MPa – 4 MPa,

unless otherwise specified by the manufacturer.

5 **Design and construction**

5.1 *Requirements for liquids in switchgear and controlgear*

The manufacturer shall specify the type and the required quantity and quality of the liquid to be used in switchgear and controlgear and provide the user with necessary instructions for renewing the liquid and maintaining its required quantity and quality (see 10.4.1 item d).

5.1.1 *Liquid level*

A device for checking the liquid level, preferably during service, with indication of minimum and maximum limits admissible for correct operation, shall be provided.

NOTE – This is not applicable to dash-pots.

5.1.2 *Liquid quality*

Liquids for use in switchgear and controlgear shall comply with the instructions of the manufacturer.

For oil-filled switchgear and controlgear, new insulating oil shall comply with IEC 296.

5.2 *Requirements for gases in switchgear and controlgear*

The manufacturer shall specify the type and the required quantity, quality and density of the gas to be used in switchgear and controlgear and provide the user with necessary instructions for renewing the gas and maintaining its required quantity and quality (see 10.4.1 a)), except for sealed pressure systems.

For sulphur hexafluoride-filled switchgear and controlgear, new sulphur hexafluoride shall comply with IEC 376.

In order to prevent condensation, the maximum allowable moisture content within gas-filled switchgear and controlgear filled with gas at rated filling density for insulation p_{re} shall be such that the dew-point is not higher than -5 °C for a measurement at 20 °C . Adequate correction shall be made for measurement made at other temperatures. For the measurement and determination of the dew-point, refer to IEC 376B and IEC 480.

Parts of high-voltage switchgear and controlgear housing compressed gas shall comply with the requirements laid down in the relevant IEC standards.

NOTE – Attention is drawn to the need to comply with local regulation relevant to pressure vessels.

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Chaque châssis de l'appareillage doit être prévu avec une borne de mise à la terre sûre et une vis ou un boulon de serrage convenable pour un raccordement à un conducteur de terre dans des conditions spécifiées de défaut à la terre. Le diamètre de la vis de serrage doit être au moins égal à 12 mm. Le point de raccordement doit être marqué du symbole «terre de protection» comme indiqué par le symbole n° 5019 de la CEI 417. Les parties d'enveloppe métallique raccordées au réseau de terre peuvent être considérées comme un conducteur de terre.

5.4 Equipements auxiliaires et de commande

a) Les caractéristiques principales des circuits auxiliaires doivent avoir les valeurs assignées suivantes:

- courant assigné en service continu: 10 A, avec des échauffements ne dépassant pas les limites spécifiées dans le tableau 3;
- courant assigné de courte durée admissible: 100 A, pendant 30 ms;
- niveau d'isolement assigné satisfaisant aux essais de 6.2.10.

Pour des applications particulières, des valeurs différentes peuvent être spécifiées au constructeur selon l'article 9.

b) Les contacts auxiliaires doivent convenir à l'usage qui leur est destiné en ce qui concerne les conditions d'environnement (voir article 2), pouvoir de coupure et de fermeture, réglage de la manoeuvre des contacts auxiliaires par rapport à celle des appareils principaux. Ils doivent être capables d'établir et de couper au moins 2 A sous 220 V c.c. avec une constante de temps au moins égale à 20 ms.

Pour des applications particulières, des valeurs différentes peuvent être spécifiées au constructeur selon l'article 9.

c) Les interrupteurs auxiliaires doivent être adaptés aux nombres de cycles de manoeuvres électriques et mécaniques spécifiés pour les appareils de connexion.

d) Le nombre des contacts auxiliaires disponibles et des contacts des interrupteurs auxiliaires automatiques de commande fournis doit être spécifié au constructeur en conformité avec l'article 9.

e) Les interrupteurs auxiliaires qui sont manoeuvrés en liaison avec les contacts principaux doivent être à commande positive dans les deux sens.

f) Les équipements de commande et auxiliaires et leurs circuits, à l'exception de courtes connexions aux bornes de transformateurs de mesure, bobines de déclenchement, contacts auxiliaires etc., doivent être séparés du circuit principal par des cloisons métalliques mises à la terre ou isolantes.

g) Les équipements auxiliaires sur lesquels on peut intervenir lorsque l'appareillage est en service doivent être accessibles sans danger avec les pièces à haute tension.

h) Les composants des circuits auxiliaires et de commande doivent être conformes aux normes applicables de la CEI.

5.5 Manoeuvre à source d'énergie extérieure

Un appareil de connexion comportant une manoeuvre à source d'énergie extérieure doit être capable d'établir ou d'interrompre son courant de court-circuit assigné (éventuel) lorsque la tension ou la pression d'alimentation du dispositif de manoeuvre correspond à la limite inférieure spécifiée en 4.8 et 4.10 (l'expression «dispositif de manoeuvre» comprend ici les relais et contacteurs intermédiaires de commande éventuels). Si le constructeur a fixé des durées maximales de fermeture et d'ouverture, celles-ci ne doivent pas être dépassées.

5.3 *Earthing of switchgear and controlgear*

The frame of each switching device shall be provided with a reliable earthing terminal having a clamping screw or bolt for connection to an earthing conductor suitable for specified fault conditions. The diameter of the clamping screw or bolt shall be at least 12 mm. The connecting point shall be marked with the "protective earth" symbol, as indicated by symbol No. 5019 of IEC 417. Parts of metallic enclosures connected to the earthing system may be considered as an earthing conductor.

5.4 *Auxiliary and control equipment*

- a) The main characteristics of auxiliary circuits shall have the following rated values:
- rated continuous current: 10 A, with temperature rises not exceeding the limits specified in table 3;
 - rated short-time withstand current: 100 A, for a duration of 30 ms;
 - rated insulation level as tested in 6.2.10.

For particular applications, different values may be specified to the manufacturer in accordance with clause 9.

b) Auxiliary contacts shall be suitable for their intended duty in terms of environmental conditions (see clause 2), making and breaking capacity, timing of auxiliary contact operation in relation to the operation of the main equipment. They shall be capable of making and breaking at least 2 A at 220 V d.c. with a circuit time constant of not less than 20 ms.

For particular applications, different values may be specified to the manufacturer in accordance with clause 9.

c) Auxiliary switches shall be suitable for the number of electrical and mechanical operating cycles specified for the switching device.

d) The number of free auxiliary contacts and contacts of pilot switches provided shall be specified to the manufacturer in accordance with clause 9.

e) Auxiliary switches which are operated in conjunction with the main contacts shall be positively driven in both directions.

f) Auxiliary and control equipment and their circuits, with the exception of short lengths of wire at terminals of instrument transformers, tripping coils, auxiliary contacts etc., shall be segregated from the main circuit by either earthed metallic or insulating partitions.

g) Auxiliary equipment requiring attention during service shall be accessible without risk of direct contact with high-voltage parts.

h) Components of auxiliary and control circuits shall comply with applicable IEC standards.

5.5 *Dependent power operation*

A switching device arranged for dependent power operation with external energy supply shall be capable of making and/or breaking its rated short-circuit current (if any) when the voltage or the pressure of the power supply of the operating device is at the lower of the limits specified under 4.8 and 4.10 (the term "operating device" here embraces intermediate control relays and contactors where provided). If maximum closing and opening times are stated by the manufacturer, these shall not be exceeded.

Sauf pour une manoeuvre lente pendant la maintenance, le déplacement des contacts principaux ne doit se faire que par l'action du mécanisme de commande et selon la manière indiquée. Les positions «fermé» et «ouvert» des contacts principaux ne doivent pas être modifiées par suite d'une perte d'alimentation en énergie ou de la réapplication de l'alimentation en énergie après une perte de l'énergie au dispositif de fermeture et/ou d'ouverture.

5.6 *Manoeuvre à accumulation d'énergie*

Un appareil de connexion comportant une manoeuvre à accumulation d'énergie doit être capable d'établir ou d'interrompre son courant de court-circuit assigné (éventuel) lorsque l'accumulation d'énergie est convenablement réalisée, conformément à 5.6.1 et 5.6.2. Si le constructeur a fixé des durées maximales de fermeture et d'ouverture, celles-ci ne doivent pas être dépassées.

Sauf pour une manoeuvre lente pendant la maintenance, le déplacement des contacts principaux ne doit se faire que par l'action du mécanisme de commande et selon la manière indiquée, et pas dans le cas d'une réapplication de l'alimentation en énergie, après une perte d'énergie.

5.6.1 *Accumulation d'énergie dans des réservoirs de gaz ou dans des accumulateurs oléopneumatiques*

Lorsque l'énergie est accumulée dans un réservoir de gaz ou dans un accumulateur oléopneumatique, les prescriptions de 5.6 s'appliquent aux pressions de fonctionnement comprises entre les limites spécifiées aux points a) et b):

a) *Alimentation pneumatique ou oléopneumatique extérieure à l'appareil de connexion et à son dispositif de commande*

Sauf spécification contraire du constructeur, les limites de la pression de fonctionnement du gaz comprimé pour les manoeuvres sont comprises entre 85 % et 110 % de la pression assignée.

Ces limites ne sont pas applicables lorsque les réservoirs emmagasinent également des gaz comprimés pour la coupure.

b) *Compresseur ou pompe faisant partie de l'appareil de connexion ou de son dispositif de commande*

Les limites de la pression de fonctionnement doivent être fixées par le constructeur.

5.6.2 *Accumulation d'énergie à l'aide de ressorts (ou de poids)*

Lorsque l'énergie est accumulée à l'aide de ressorts (ou de poids), les prescriptions de 5.6 s'appliquent lorsque le ressort est bandé (ou le poids en position haute). Les contacts mobiles ne doivent pas pouvoir quitter la position d'ouverture avant que l'énergie accumulée ne soit suffisante pour permettre l'achèvement satisfaisant de la manoeuvre de fermeture.

5.6.3 *Accumulation d'énergie par une manoeuvre manuelle*

Lorsque l'énergie est accumulée à l'aide de ressorts (ou de poids) au moyen d'une manoeuvre manuelle, le sens de manoeuvre de la poignée doit être indiqué. L'appareil de connexion doit comporter un dispositif indiquant que l'énergie est accumulée dans le ressort (ou le poids) sauf pour une manoeuvre de fermeture manuelle indépendante.

La force maximale nécessaire à la charge manuelle d'un ressort ou d'un poids ne doit pas être supérieure à 250 N.

Except for slow operation during maintenance, the main contacts shall only move under the action of the drive mechanism and in the designed manner. The closed or open position of the main contacts shall not change as a result of loss of the energy supply or the re-application of the energy supply after a loss of energy, to the closing and/or opening device.

5.6 *Stored energy operation*

A switching device arranged for stored energy operation shall be capable of making and breaking its rated short-circuit current (if any), when the energy store is suitably charged in accordance with 5.6.1 or 5.6.2. If maximum closing and opening times are stated by the manufacturer, these shall not be exceeded.

Except for slow operation during maintenance, the main contacts shall only move under the action of the drive mechanism and in the designed manner, and not in the case of re-application of the energy supply after a loss of energy.

5.6.1 *Energy storage in gas receivers or hydraulic accumulators*

When the energy store is a gas receiver or hydraulic accumulator, the requirements of 5.6 apply at operating pressures between the limits specified in items a) and b).

a) *External pneumatic or hydraulic supply*

Unless otherwise specified by the manufacturer, the limits of the operating pressure are between 85 % and 110 % of rated pressure.

These limits do not apply where receivers also store compressed gas for interruption.

b) *Compressor or pump integral with the switching device or the operating device*

The limits of operating pressure shall be stated by the manufacturer.

5.6.2 *Energy storage in springs (or weights)*

When the energy store is a spring (or weight), the requirements of 5.6 apply when the spring is charged (or the weight lifted). It shall not be possible for the moving contacts to move from the open position unless the charge is sufficient for satisfactory completion of the closing operation.

5.6.3 *Manual charging*

If a spring (or weight) is charged by hand, the direction of motion of the handle shall be marked. A device indicating when the spring (or weight) is charged shall be mounted on the switching device except in the case of an independent manual closing operation.

The maximum actuating force required for manually charging a spring (or weight) shall not exceed 250 N.

5.6.4 Accumulation d'énergie par servomoteur

Les moteurs et leur équipement électrique auxiliaire, destinés à bander un ressort (ou à lever un poids) ou à entraîner un compresseur ou une pompe, doivent fonctionner de façon satisfaisante entre 85 % et 110 % de la tension assignée d'alimentation (voir 4.8), la fréquence étant, en courant alternatif, la fréquence assignée d'alimentation du dispositif de fermeture (voir 4.9).

NOTE – Pour les moteurs électriques, ces limites n'impliquent pas l'utilisation de moteurs spéciaux, mais seulement le choix d'un moteur fournissant l'effort nécessaire à ces limites, il n'est pas nécessaire de faire coïncider la tension assignée du moteur et la tension assignée d'alimentation du dispositif de fermeture.

En complément, un moyen manuel d'accumuler l'énergie à l'aide de ressorts (ou de poids) doit être fourni, si cela est spécifié, au constructeur; un tel moyen doit satisfaire à 5.6.3.

5.7 Manoeuvre manuelle indépendante

Dans le cas d'interrupteurs ou de sectionneurs de mise à la terre manœuvrés d'une façon manuelle indépendante – si le constructeur l'a fixé – pour éviter la réouverture intempestive de l'appareil après une fermeture sur court-circuit, il convient d'introduire par des moyens appropriés une temporisation définie entre les manœuvres de fermeture et d'ouverture. La valeur de cette temporisation ne doit pas être inférieure à la durée du court-circuit (voir 4.7).

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Les limites de fonctionnement des déclencheurs sont les suivantes.

5.8.1 Déclencheur shunt de fermeture

Un déclencheur shunt de fermeture doit fonctionner correctement entre 85 % et 110 % de la tension assignée d'alimentation du dispositif de fermeture (voir 4.8), la fréquence, en courant alternatif, étant la fréquence assignée d'alimentation du dispositif de fermeture (voir 4.9).

5.8.2 Déclencheur shunt d'ouverture

Un déclencheur shunt d'ouverture doit fonctionner correctement dans toutes les conditions de fonctionnement de l'appareil de connexion jusqu'à son pouvoir de coupure assignée en court-circuit et entre 70 % en courant continu – ou 85 % en courant alternatif – et 110 % de la tension assignée d'alimentation du dispositif d'ouverture (voir 4.8), la fréquence, en courant alternatif, étant la fréquence assignée d'alimentation du dispositif d'ouverture (voir 4.9).

5.8.3 Fonctionnement des déclencheurs shunt à l'aide de condensateurs

Lorsque, en vue du fonctionnement d'un déclencheur shunt par accumulation d'énergie, un ensemble redresseur-condensateur, dans lequel les condensateurs sont chargés à partir de la tension du circuit principal, constitue une partie intégrante de l'appareil de connexion, les condensateurs doivent conserver une charge permettant un fonctionnement satisfaisant du déclencheur 5 s après que la tension d'alimentation a été déconnectée des bornes de l'ensemble et remplacée par une connexion de court-circuit. La tension du circuit principal avant déconnexion doit être égale à la tension la plus basse du réseau correspondant à la tension assignée de l'appareil de connexion (voir dans la CEI 38 la relation existant entre «la tension la plus élevée pour le matériel» et les tensions du réseau).

5.8.4 Déclencheur à minimum de tension

Un déclencheur à minimum de tension doit provoquer l'ouverture de l'appareil de connexion dès que la tension aux bornes du déclencheur devient inférieure à 35 % de sa tension assignée, même si la décroissance de tension s'effectue d'une façon lente et progressive.

5.6.4 *Motor charging*

Motors, and their electrically operated auxiliary equipment for charging a spring (or weight) or for driving a compressor or pump, shall operate satisfactorily between 85 % and 110 % of the rated supply voltage (see 4.8), the frequency, in the case of a.c., being the rated supply frequency (see 4.9).

NOTE – For electric motors the limits do not imply the use of non-standard motors, but only the selection of a motor which at these values provides the necessary effort, and the rated voltage of the motor need not coincide with the rated supply voltage of the closing device.

In addition a means of charging a spring or weight by hand shall be provided if specified to the manufacturer; such means shall comply with 5.6.3.

5.7 *Independent manual operation*

In the case of an independent manually operated switch or earthing switch – if stated by the manufacturer – to avoid the untimely reopening of the apparatus after closing on a short circuit, a defined time delay should be introduced between the closing and opening operation by suitable means. This time delay shall be not less than the rated duration of the short circuit (see 4.7).

5.8 *Operation of releases*

The operation limits of releases shall be as follows.

5.8.1 *Shunt closing release*

A shunt closing release shall operate correctly between 85 % and 110 % of the rated supply voltage of the closing device (see 4.8), the frequency, in the case of a.c., being the rated supply frequency of the closing device (see 4.9).

5.8.2 *Shunt opening release*

A shunt opening release shall operate correctly under all operating conditions of the switching device up to its rated short circuit breaking current, and between 70 % in the case of d.c. – or 85 % in the case of a.c. – and 110 % of the rated supply voltage of the opening device (see 4.8), the frequency in the case of a.c. being the rated supply frequency of the opening device (see 4.9).

5.8.3 *Capacitor operation of shunt releases*

When, for stored energy operation of a shunt release, a rectifier-capacitor combination is provided as an integral part of the switching device, the charge of the capacitors to be derived from the voltage of the main circuit, the capacitors shall retain a charge sufficient for satisfactory operation of the release 5 s after the voltage supply has been disconnected from the terminals of the combination and replaced by a short-circuiting link. The voltages of the main circuit before disconnection shall be taken as the lowest voltage of the system associated with the rated voltage of the switching device (see IEC 38 for the relation between "highest voltage for equipment" and system voltages).

5.8.4 *Under-voltage release*

An under-voltage release shall operate to open the switching device when the voltage at the terminals of the release falls below 35 % of its rated voltage, even if the fall is slow and gradual.

Par contre, il ne doit pas provoquer l'ouverture de l'appareil de connexion si la tension aux bornes du déclencheur reste supérieure à 70 % de sa tension assignée d'alimentation.

La fermeture de l'appareil de connexion doit être possible dès que la tension aux bornes du déclencheur est égale ou supérieure à 85 % de sa tension assignée. Sa fermeture doit être impossible tant que la tension aux bornes du déclencheur est inférieure à 35 % de sa tension assignée d'alimentation.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Quand les dispositifs de verrouillage basse pression ou haute pression sont installés dans des systèmes mécaniques de manoeuvre, ils doivent pouvoir être réglés pour fonctionner aux valeurs limites appropriées de la pression ou à l'intérieur des valeurs indiquées par le constructeur, conformément à 5.6.1. et aux spécifications particulières de la CEI.

Les systèmes à pression autonomes remplis de gaz pour l'isolement et/ou la manoeuvre et dont la pression minimale de fonctionnement pour l'isolement et/ou la manoeuvre est supérieure à 0,2 MPa (pression absolue), doivent être pourvus des moyens pour la surveillance de la pression (ou de la masse volumique) du gaz pouvant être vérifiés en permanence ou au moins périodiquement dans le programme d'entretien, en prenant en compte les spécifications particulières de la CEI. Pour l'appareillage ayant une pression minimale de fonctionnement ne dépassant pas 0,2 MPa (pression absolue), il convient que de tels moyens fassent l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

5.10 Plaques signalétiques

L'appareillage et ses dispositifs de commande doivent être munis de plaques signalétiques donnant les renseignements nécessaires tels que le nom ou la marque du constructeur, l'année de fabrication, la désignation de type donnée par le constructeur, le numéro de série, les caractéristiques assignées, etc., spécifiées dans les normes particulières de la CEI.

Pour l'appareillage d'extérieur, les plaques signalétiques et leurs fixations doivent être à l'épreuve des intempéries et de la corrosion.

Si l'appareillage est constitué de plusieurs pôles ayant des mécanismes de commande indépendants, chaque pôle doit être muni d'une plaque signalétique.

Si le dispositif de manoeuvre fait partie intégrante de l'appareil de connexion, il peut être suffisant de combiner les plaques signalétiques en une seule.

Les caractéristiques techniques utilisées sur les plaques signalétiques et dans les documents qui sont communes à plusieurs sortes d'appareillage, doivent être représentées par les mêmes symboles. Ces paramètres et ces symboles sont:

– tension assignée	U_r
– tension de tenue assignée aux chocs de foudre ¹⁾	U_p
– tension de tenue assignée aux chocs de manoeuvre ¹⁾	U_s
– tension de tenue assignée à fréquence industrielle ¹⁾	U_d
– courant assigné en service continu	I_r
– courant de courte durée admissible assigné	I_k
– valeur de crête du courant admissible assigné	I_p

¹⁾ Les valeurs à utiliser pour les plaques signalétiques sont les valeurs entre phase et terre.

On the other hand, it shall not operate the switching device when the voltage at its terminals exceeds 70 % of its rated supply voltage.

The closing of the switching device shall be possible when the values of the voltage at the terminals of the release are equal to or higher than 85 % of its rated voltage. Its closing shall be impossible when the voltage at the terminals is lower than 35 % of its rated supply voltage.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Where low-pressure or high-pressure interlocking devices are provided in operating mechanism systems, they shall be such that they can be set to operate at, or within, the appropriate limits of pressure stated by the manufacturer, in accordance with 5.6.1 and with relevant IEC specifications.

Closed pressure systems filled with compressed gas for insulation and/or operation and having a minimum functional pressure for insulation and/or operation above 0,2 MPa (absolute pressure), shall be provided with pressure (or density) monitoring devices, to be continuously, or at least periodically, checked as part of the maintenance programme, taking into account the relevant IEC standards. For switchgear and controlgear having a minimum functional pressure not higher than 0,2 MPa (absolute pressure), such means should be subject to agreement between manufacturer and user.

5.10 Nameplates

Switchgear and controlgear and their operating devices shall be provided with name-plates which contain the necessary information such as the name or mark of the manufacturer, the year of manufacture, the manufacturer's type designation, the serial number, the rated characteristics etc. as specified in the relevant IEC standards.

For outdoor switchgear and controlgear, the nameplates and their fixings shall be weather-proof and corrosion-proof.

If the switchgear and controlgear consist of several poles with independent operating mechanisms, each pole shall be provided with a nameplate.

For an operating device combined with a switching device, it may be sufficient to use only one combined nameplate.

Technical characteristics on nameplates and/or in documents which are common to several kinds of high-voltage switchgear and controlgear shall be represented by the same symbols. Such characteristics and their symbols are:

– rated voltage	U_r
– rated lightning impulse withstand voltage ¹⁾	U_p
– rated switching impulse withstand voltage ¹⁾	U_s
– rated power-frequency withstand voltage ¹⁾	U_d
– rated normal current	I_r
– rated short-time withstand current	I_k
– rated peak withstand current	I_p

¹⁾ The values to be used for nameplates are phase-to-earth values.

– fréquence assignée	f_r
– durée de court-circuit assignée	t_k
– tension assignée d'alimentation des auxiliaires	U_a
– pression (masse volumique) assignée pour l'isolement	$p_{re} (p_{re})$
– pression (masse volumique) assignée pour la manoeuvre	$p_{rm} (p_{rm})$
– pression (masse volumique) d'alarme pour l'isolement	$p_{ae} (p_{ae})$
– pression (masse volumique) d'alarme pour la manoeuvre	$p_{am} (p_{am})$
– pression (masse volumique) minimale pour l'isolement	$p_{me} (p_{me})$
– pression (masse volumique) minimale pour la manoeuvre	$p_{mm} (p_{mm})$.

D'autres caractéristiques (telles que le type de gaz ou la température d'utilisation) particulières doivent être représentées par des symboles utilisés dans les normes particulières.

5.11 Verrouillages

Pour des raisons de sécurité ou pour faciliter les manoeuvres, des verrouillages entre les différentes parties du matériel peuvent être exigés (par exemple entre un appareil de connexion et le sectionneur de terre associé).

Ces verrouillages doivent être fournis s'ils font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Les appareils de connexion dont la manoeuvre incorrecte peut causer des dommages ou qui sont utilisés pour assurer des distances de sectionnement, doivent être équipés de moyens de verrouillage, comme spécifiés au constructeur (par exemple fourniture de cadenas).

5.12 Indicateur de position

Une indication claire et sûre de la position des contacts du circuit principal doit être fournie lorsqu'ils ne sont pas visibles. Il doit être possible de contrôler facilement l'état de l'indicateur de position lors d'une manoeuvre locale.

Les couleurs et le marquage des dispositifs indicateurs pour les positions «ouvert», «fermé» ou, quand c'est approprié, «mis à la terre», doivent être conformes à la CEI 73.

La position «fermé» doit être marquée, de préférence avec un I (comme indiqué par le symbole 417-CEI-5007-a de la CEI 417). La position «ouvert» doit être marquée, de préférence avec un O (comme indiqué par le symbole 417-CEI-5008-a de la CEI 417).

En variante, dans le cas d'appareillage à fonctions multiples, la position peut être indiquée par des symboles graphiques de schéma de la CEI 617.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Les degrés de protection suivant la CEI 529, doivent être spécifiés pour toutes les enveloppes d'appareillage à haute tension contenant des parties du circuit principal, permettant la pénétration de l'extérieur et également pour les enveloppes des circuits appropriés à basse tension de commande et/ou auxiliaires, des équipements mécaniques de manoeuvre de tout appareillage et appareil de connexion à haute tension.

– rated frequency	f_r
– rated duration of short circuit	t_k
– rated auxiliary voltage	U_a
– rated filling pressure (density) for insulation	$p_{re} (p_{re})$
– rated filling pressure (density) for operation	$p_{rm} (p_{rm})$
– alarm pressure (density) for insulation	$p_{ae} (p_{ae})$
– alarm pressure (density) for operation	$p_{am} (p_{am})$
– minimum functional pressure (density) for insulation	$p_{me} (p_{me})$
– minimum functional pressure (density) for operation	$p_{mm} (p_{mm})$

Other characteristics (such as type of gas or temperature class) being specialized shall be represented by the symbols which are used in the relevant standards.

5.11 *Interlocking devices*

Interlocking devices between different components of equipment may be required for reasons of safety and convenience of operation (for example between a switching device and the associated earthing switch).

These interlocking devices shall be provided subject to agreement between manufacturer and user.

Switching devices, the incorrect operation of which can cause damage or which are used for assuring isolating distances, shall be provided with locking facilities as specified to the manufacturer (for example, provision of padlocks).

5.12 *Position indication*

Clear and reliable indication shall be provided of the position of the contacts of the main circuit in case of non-visible contacts. It shall be possible to easily check the state of the position-indicating device when operating locally.

The colours of the position-indicating device in the open, closed, or, where appropriate, earthed position shall be in accordance with IEC 73.

The closed position shall be marked, preferably with a I (as per symbol 417-IEC-5007-a of IEC 417). The open position shall be marked, preferably with a O (as per symbol 417-IEC-5008-a of IEC 417).

Alternatively, in the case of a multi-function device, the positions may be marked with graphical symbols for diagrams of IEC 617.

5.13 *Degrees of protection by enclosures*

Degrees of protection according to IEC 529, shall be specified for all enclosures of high-voltage switchgear and controlgear containing parts of the main circuit allowing penetration from outside as well as for enclosures for appropriate low-voltage control and/or auxiliary circuits and mechanical operating equipment of all high-voltage switchgear, controlgear and switching devices.

Les degrés de protection s'appliquent aux conditions de service du matériel.

NOTE – Les degrés de protection peuvent être différents pour d'autres conditions telles que maintenance, essais, etc.

5.13.1 *Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et protection du matériel contre la pénétration de corps solides étrangers*

Le degré de protection des personnes procuré par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses du circuit principal, des circuits de commande et/ou auxiliaires et aux parties en mouvement dangereuses (autres que les arbres lisses en rotation et les embellages) est indiqué par l'une des désignations spécifiées dans le tableau 6.

Le premier chiffre caractéristique indique le degré de protection des personnes procuré par l'enveloppe et aussi de la protection du matériel à l'intérieur de l'enveloppe contre la pénétration de corps solides étrangers.

Si seule la protection contre l'accès aux parties dangereuses est demandée, ou si elle est de niveau plus élevé que celui indiqué par le premier chiffre caractéristique, une lettre supplémentaire peut être utilisée comme dans le tableau 6.

Le tableau 6 donne les détails sur les objets qui seront «exclus» de l'enveloppe pour chacun des degrés de protection. Le terme «exclus» implique que les corps solides étrangers n'entreront pas entièrement dans l'enveloppe et qu'une partie du corps ou un objet tenu par une personne n'entrera pas dans l'enveloppe ou, si elle y entre, qu'une distance adéquate sera maintenue et qu'aucune partie mobile dangereuse ne sera touchée.

5.13.2 *Protection contre la pénétration d'eau*

Aucun degré de protection n'est spécifié contre les effets nuisibles dus à la pénétration d'eau, comme indiqué par le second chiffre caractéristique du code IP (second chiffre caractéristique X).

Le matériel pour l'installation à l'extérieur, munie d'une protection contre la pluie et autres conditions climatiques, doit être spécifié au moyen d'une lettre supplémentaire W placée après le second chiffre caractéristique ou après la lettre additionnelle éventuelle.

5.13.3 *Protection du matériel contre les impacts mécaniques dans les conditions normales de service*

Les enveloppes de l'appareillage sous enveloppe doivent avoir une résistance mécanique suffisante (les essais correspondants sont spécifiés en 6.7.2).

Pour l'installation à l'intérieur, le niveau d'impact spécifié est de 2 J.

Pour l'installation à l'extérieur sans protection mécanique supplémentaire, des niveaux d'impact plus élevés peuvent être spécifiés faisant l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

The degrees of protection apply to the service condition of the equipment.

NOTE – The degrees of protection may be different for other conditions such as maintenance, testing, etc.

5.13.1 *Protection of persons against access to hazardous parts and protection of the equipment against ingress of solid foreign objects*

The degree of protection of persons provided by an enclosure against access to hazardous parts of the main circuit, control and/or auxiliary circuits and to any hazardous moving parts (other than smooth rotating shafts and slowly moving linkages) shall be indicated by means of a designation specified in table 6.

The first characteristic numeral indicates the degree of protection provided by the enclosure with respect to persons, as well as of protection of the equipment inside the enclosure against ingress of solid foreign bodies.

If only the protection against access to hazardous parts is requested or if it is higher than that indicated by the first characteristic numeral, an additional letter may be used as in table 6.

Table 6 gives details of objects which will be "excluded" from the enclosure for each of the degrees of protection. The term "excluded" implies that solid foreign objects will not enter fully the enclosure and that a part of the body or an object held by a person, either will not enter the enclosure or, if it enters, that adequate clearance will be maintained and no hazardous moving part will be touched.

5.13.2 *Protection against ingress of water*

No degrees of protection against harmful ingress of water as per the second characteristic numeral of the IP-code is specified (second characteristic numeral X).

Equipment for outdoor installation provided with additional protection features against rain and other weather conditions shall be specified by means of the supplementary letter W placed after the second characteristic numeral, or after the additional letter, if any.

5.13.3 *Protection of equipment against mechanical impact under normal service conditions*

Enclosures of enclosed switchgear and controlgear shall be of sufficient mechanical strength (possible corresponding tests are specified in 6.7.2).

For indoor installation, the proposed impact level is 2 J.

For outdoor installation without additional mechanical protection, higher impact levels may be specified, subject to an agreement between manufacturer and user.

Tableau 6 – Degrés de protection

Degré de protection	Protection contre la pénétration de corps solides étrangers	Protection contre l'accès aux parties dangereuses
IP1XB	Objets de diamètre supérieur ou égal à 50 mm	Accès avec un doigt (doigt d'épreuve de 12 mm de diamètre et de 80 mm de longueur)
IP2X	Objets de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm	Accès avec un doigt (doigt d'épreuve de 12 mm de diamètre et de 80 mm de longueur)
IP2XC	Objets de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm	Accès avec un outil (tige d'essai de 2,5 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP2XD	Objets de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP3X	Objets de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm	Accès avec outil (tige d'essai de 2,5 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP3XD	Objets de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP4X	Objets de diamètre supérieur ou égal à 1,0 mm	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP5X	Poussière La pénétration de la poussière n'est pas totalement empêchée mais elle ne pénètre pas en quantité et à un endroit tels qu'elle puisse gêner le fonctionnement normal de l'appareil ou diminuer la sécurité	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
<p>NOTES</p> <p>1 La désignation du degré de protection est conforme à la CEI 529.</p> <p>2 Dans le cas de l'IP5X, la catégorie 2 de 13.4 de la CEI 529 est applicable.</p> <p>3 Si la protection contre l'accès aux parties dangereuses est seule concernée, la lettre additionnelle est utilisée et le premier chiffre caractéristique est remplacé par X.</p>		

5.14 Lignes de fuite

La CEI 815 fournit des règles générales pour aider à choisir des isolateurs qui donnent en principe satisfaction sous pollution.

La ligne de fuite nominale minimale d'un isolateur d'extérieur en céramique ou en verre placé entre phase et terre, entre phases ou entre les bornes d'un appareil de connexion est déterminée par la formule:

$$l_t = a \times l_f \times U_r \times k_D$$

où

l_t est la ligne de fuite nominale minimale (mm) (voir note 1);

a est le facteur d'application choisi suivant le tableau 7 en fonction du type d'isolation;

l_f est la ligne de fuite nominale spécifique minimale selon le tableau II de la CEI 815 (mm/kV) (voir note 2);

U_r est la tension assignée de l'appareillage;

k_D est le facteur de correction dû au diamètre (selon 5.3 de la CEI 815).

Table 6 – Degrees of protection

Degree of protection	Protection against ingress of solid foreign bodies	Protection against access to hazardous parts
IP1XB	Objects of 50 mm diameter and greater	Access with a finger (test-finger 12 mm diameter, 80 mm long)
IP2X	Objects of 12,5 mm diameter and greater	Access with a finger (test-finger 12 mm diameter, 80 mm long)
IP2XC	Objects of 12,5 mm diameter and greater	Access with a tool (test-rod 2,5 mm diameter, 100 mm long)
IP2XD	Objects of 12,5 mm diameter and greater	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
IP3X	Objects of 2,5 mm diameter and greater	Access with a tool (test-rod 2,5 mm diameter, 100 mm long)
IP3XD	Objects of 2,5 mm diameter and greater	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
IP4X	Objects of 1,0 mm diameter and greater	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
IP5X	Dust The ingress of dust is not totally prevented, but does not penetrate in a quantity or at a location such that it can interfere with satisfactory operation of apparatus or to impair safety.	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
NOTES 1 The designation of the degree of protection corresponds to IEC 529. 2 In the case of IP5X category 2 of 13.4 of IEC 529, is applicable. 3 If only the protection against access to hazardous parts is concerned, the additional letter is used and the first numeral is replaced by an X.		

5.14 Creepage distances

IEC 815 gives general rules that assist in choosing insulators which should give satisfactory performance under polluted conditions.

The minimum nominal creepage distance of an outdoor external ceramic or glass insulator situated between phase and earth, between phases or across the terminals of a pole of a circuit-breaker or a switch, is determined by the relation:

$$l_t = a \times l_f \times U_r \times k_D$$

where

l_t is the minimum nominal creepage distance (mm) (see note 1);

a is the application factor selected in relation to the type of insulation according to table 7;

l_f is the minimum nominal specific creepage distance according to table II of IEC 815 (mm/kV) (see note 2);

U_r is the rated voltage of the switchgear and controlgear;

k_D is the correction factor due to diameter (see 5.3 of IEC 815).

NOTES

- 1 Pour les lignes de fuite réelles, les tolérances spécifiées de construction sont applicables (voir CEI 273 et CEI 233).
- 2 Rapport de la ligne de fuite mesurée entre phase et terre sur U_r .

Tableau 7 – Facteurs d'application des lignes de fuite

Application à l'isolation	Facteur d'application a
Entre phase et terre	1,0
Entre phases	$\sqrt{3}$
Entre contacts ouverts d'un disjoncteur ou d'un interrupteur	1,0
NOTES 1 Les appareils de connexion susceptibles d'être exposés à des discordances de phase peuvent nécessiter une ligne de fuite quelque peu plus longue entre contacts ouverts. Un facteur d'application $a = 1,15$ a été suggéré pour de telles applications. 2 Les isolateurs non verticaux susceptibles d'être couverts de neige fondante polluée peuvent nécessiter une ligne de fuite plus longue.	

5.15 Etanchéité au gaz et au vide

Les spécifications suivantes s'appliquent à tout appareillage qui utilise pour l'isolation et/ou la coupure, un gaz autre que l'air à pression atmosphérique, ou le vide.

L'annexe E donne des éléments d'information, des exemples et un guide pour l'étanchéité.

5.15.1 Systèmes à pression de gaz entretenue

L'étanchéité des systèmes à pression de gaz entretenue est spécifiée par le nombre de compléments de remplissage par jour (M) ou par la baisse de pression par jour (Δp). Les valeurs admissibles doivent être données par le constructeur.

5.15.2 Systèmes à pression de gaz autonomes

Les caractéristiques d'étanchéité des systèmes à pression de gaz autonomes indiquées par le constructeur doivent être cohérentes avec une maintenance minimale et une philosophie de l'inspection.

L'étanchéité des systèmes à pression de gaz autonomes est spécifiée par le taux de fuite relatif F_{rel} de chaque compartiment; les valeurs normalisées sont 1 % et 3 % par an.

NOTE – Ces valeurs peuvent être utilisées pour calculer l'intervalle entre compléments de remplissage T en dehors des conditions extrêmes de température ou des manoeuvres fréquentes.

Les fuites éventuelles entre sous-ensembles ayant des pressions différentes sont également prises en compte. Pour le cas particulier de la maintenance d'un compartiment, les compartiments adjacents étant sous pression, il convient que le constructeur indique aussi le taux de fuite admissible à travers la cloison, et l'intervalle entre compléments de remplissage doit rester supérieur à un mois.

Des moyens doivent être fournis pour permettre les compléments de remplissage des systèmes à gaz en toute sécurité, le matériel étant en service.

NOTES

- 1 For the actual creepage distance, the specified manufacturing tolerances are applicable (see IEC 273 and IEC 233).
- 2 Ratio of the creepage distance measured between phase and earth divided by U_r .

Table 7 – Application factors for creepage distances

Application to insulation	Application factor a
Between phase and earth	1,0
Between phases	$\sqrt{3}$
Across open contacts of a circuit-breaker or a switch	1,0
NOTES 1 Switching devices that may be exposed to out-of-phase conditions may need a somewhat longer creepage distance across the open contacts. An application factor $a = 1,15$ has been suggested for such applications. 2 Non-vertical insulators liable to be covered with melting polluted snow may require a longer creepage distance.	

5.15 Gas and vacuum tightness

The following specifications apply to all switchgear and controlgear which use vacuum or gas, other than air at atmospheric pressure, as an insulating, combined insulating and interrupting, or operating medium. Annex E gives some information, examples and guidance for tightness.

5.15.1 Controlled pressure systems for gas

The tightness of controlled pressure systems for gas is specified by the number of replenishments per day (N) or by the pressure drop per day (Δp). The permissible values shall be given by the manufacturer.

5.15.2 Closed pressure systems for gas

The tightness characteristic of a closed pressure system stated by the manufacturer shall be consistent with a minimum maintenance and inspection philosophy.

The tightness of closed pressure systems for gas is specified by the relative leakage rate F_{rel} of each compartment; standardized values are 1 % and 3 % per year.

NOTE – These values can be used to calculate times between replenishments, T , outside extreme conditions of temperature or frequency of operations.

The possible leakages between sub-assemblies having different pressures are also to be taken into account. In the particular case of maintenance in a compartment when adjacent compartments contain gas under pressure, the permissible gas leakage rate across partitions should also be stated by the manufacturer, and the time between replenishments shall be not less than one month.

Means shall be provided to enable gas systems to be safely replenished whilst the equipment is in service.

5.15.3 Systèmes à pression scellés

L'étanchéité des systèmes à pression scellés est spécifiée par leur durée de vie escomptée.

Les valeurs normales sont 20 ans et 30 ans.

5.16 Etanchéité au liquide

Les spécifications suivantes s'appliquent à tout appareillage qui utilise des liquides pour l'isolation et/ou la coupure, ou comme fluide de commande avec ou sans pression permanente.

5.16.1 Systèmes à pression de liquide entretenue

L'étanchéité des systèmes à pression de liquide entretenue est spécifiée par le nombre de compléments de remplissage par jour N_{liq} ou par la baisse de pression Δp_{liq} sans complément de remplissage, tous deux engendrés par le taux de fuite relatif F_{liq} .

Les valeurs admissibles doivent être indiquées par le constructeur.

5.16.2 Systèmes à pression de liquide autonomes

Le niveau d'étanchéité des systèmes à pression de liquide autonomes, pressurisé ou non, doit être spécifié par le constructeur.

5.16.3 Niveaux d'étanchéité pour liquide

Le niveau d'étanchéité pour les liquides doit être indiqué par le constructeur. Ce faisant, on doit distinguer clairement les étanchéités interne et externe.

- a) étanchéité absolue: aucune perte de liquide ne peut être détectée;
- b) étanchéité relative: une légère perte est acceptable dans les conditions suivantes:
 - le taux de fuite F_{liq} doit être inférieur au taux de fuite admissible $F_{p(liq)}$;
 - le taux de fuite F_{liq} ne doit pas augmenter de façon continue en fonction du temps ou, pour un appareil de connexion, en fonction du nombre de manoeuvres;
 - la fuite de liquide ne doit provoquer aucun dysfonctionnement de l'appareillage ni constituer un danger pour les opérateurs dans l'exercice normal de leur travail.

5.17 Ininflammabilité

Il convient que le choix des matériaux et la conception des pièces soient tels que la propagation de flammes engendrées par un échauffement accidentel à l'intérieur de l'appareillage soit retardée.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le système secondaire doit être capable de supporter les perturbations électromagnétiques données en 2.1, sans avarie ou mauvais fonctionnement.

Ceci s'applique aussi bien pour les régimes établis que pour les conditions de manoeuvres incluant l'interruption des courants de défaut dans le circuit principal.

Le système secondaire est constitué par:

- les circuits auxiliaires et les circuits de contrôle, y compris les armoires centrales de contrôle, installés près de l'appareillage ou sur l'appareillage;

5.15.3 Sealed pressure systems

The tightness of sealed pressure systems is specified by their expected operating life.

The standard values are 20 years and 30 years.

5.16 Liquid tightness

The following specifications apply to all switchgear and controlgear which use liquids as insulating, or combined insulating and interrupting, or control medium with or without permanent pressure.

5.16.1 Controlled pressure systems for liquid

The tightness of controlled pressure systems for liquid is specified by the number of replenishments per day, N_{liq} or by the pressure drop, Δp_{liq} without replenishment, both caused by the leakage rate F_{liq} .

The permissible values shall be given by the manufacturer.

5.16.2 Closed pressure systems for liquid

The tightness level of closed pressure systems for liquid, pressurized or not, shall be specified by the manufacturer.

5.16.3 Tightness levels for liquid

The tightness level for liquid shall be indicated by the manufacturer. A clear distinction shall be made between internal and external tightness.

- a) total tightness: no liquid loss can be detected;
- b) relative tightness: slight loss is acceptable under the following conditions:
 - the leakage rate, F_{liq} shall be less than the permissible leakage rate, $F_{p(liq)}$;
 - the leakage rate, F_{liq} shall not continuously increase with time or in the case of switching devices, with number of operations;
 - the liquid leakage shall cause no malfunction of the switchgear or controlgear, nor cause any injury to operators in the normal course of their duty.

5.17 Flammability

The materials shall be chosen and the parts designed such that they retard the propagation of any flame resulting from accidental overheating in the switchgear and controlgear.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

The secondary system shall be able to withstand electromagnetic disturbances, stated in 2.1, without damage or malfunction.

This applies both under normal operation and under switching conditions, including interruption of fault currents in the main circuit.

The secondary system consists of:

- control and auxiliary circuits, including circuits in central control cubicles, mounted on or adjacent to the switchgear or controlgear;

- l'équipement pour la surveillance, le diagnostic, etc., qui fait partie de l'appareillage;
- les circuits raccordés aux bornes secondaires des transformateurs de mesure qui font partie de l'appareillage.

Le système secondaire peut souvent être divisé en sous-ensembles principaux, tels que l'armoire centrale de commande d'un disjoncteur, ou l'armoire complète de commande d'un disjoncteur dans une travée d'un poste à isolation gazeuse.

NOTES

1 En pratique, il y a une grande variation dans la complexité de l'équipement dans le système secondaire. Dans certains cas, le système est seulement constitué par un groupe de relais tout ou rien, du câblage et des borniers. Dans d'autres cas, il comprend un équipement complet pour la protection, le contrôle et la mesure.

2 Des indications générales concernant la CEM et des recommandations pour améliorer la CEM sont données dans un guide d'installation applicable à système secondaire, qui est présentement en préparation par le SC 77B de la CEI. L'amplitude des tensions induites dans le système secondaire dépend du système considéré et des conditions d'installation dans le poste, telles que le raccordement à la terre et la tension assignée du circuit principal.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Les essais de type ont pour but de vérifier les caractéristiques de l'appareillage, de ses dispositifs de commande et de ses équipements auxiliaires.

6.1.1 Groupement des essais

Les essais de type doivent être effectués avec un maximum de quatre spécimens d'essai, sauf spécification différente dans les normes CEI applicables.

NOTE – La raison de cette exigence est de donner aux utilisateurs une plus grande assurance que l'appareillage essayé représente bien celui qui sera fourni (à la limite, ceci demanderait que tous les essais soient effectués sur un seul spécimen), tout en permettant aux constructeurs d'effectuer les essais dans des laboratoires différents pour chaque groupe d'essai.

Chaque spécimen d'essai d'appareillage doit être réellement conforme aux dessins de son type et être soumis à un ou plusieurs essais de type.

Pour des raisons pratiques les essais de type peuvent être groupés. Un exemple de regroupement possible est indiqué dans le tableau 8 suivant.

- equipment for monitoring, diagnostics, etc. that is part of the switchgear or controlgear;
- circuits connected to the secondary terminals of instrument transformers, that are part of the switchgear or controlgear.

In many cases the secondary system may be divided into a number of major sub-assemblies, such as the central control cubicle of a circuit-breaker, or the complete control cubicle of a circuit-breaker in a GIS bay.

NOTES

1 In practice there is a wide variation in the complexity of equipment within the secondary system. In some cases the system may consist of only some auxiliary all-or-nothing relays, signal cabling and terminal blocks. In other cases complete equipment for protection, control and measurement is included.

2 General guidance regarding EMC and considerations to improve EMC are given in a document on installation guidelines, applicable to secondary systems, which is at present under preparation by IEC SC 77B. The magnitude of induced voltages in a secondary system depend both, on the secondary system itself and on conditions such as the earthing and rated voltage of the main circuit.

6 Type tests

6.1 General

The type tests are for the purpose of proving the characteristics of switchgear and controlgear, their operating devices and their auxiliary equipment.

6.1.1 Grouping of tests

The type tests shall be carried out on a maximum of four test specimens unless otherwise specified in the relevant IEC standards.

NOTE – The rationale behind the specification of four test specimens is to give increased confidence to users that the switchgear and controlgear tested is representative of that which will be delivered (in the limit, this would require all tests to be carried out on a single specimen), whilst allowing manufacturers to carry out testing at separate laboratories for different groups of tests.

Each test specimen of switchgear and controlgear shall truly conform to drawings and be fully representative of its type and shall be subjected to one or more type tests.

For convenience of testing, the type tests may be grouped. An example of a possible grouping is shown in table 8 below.

Tableau 8 – Exemple de groupement des essais de type

Groupe	Essais de type	Paragraphes
1	Essais diélectriques des circuits principaux, auxiliaire et de commande Essai de tension de perturbation radioélectrique	6.2 6.3
2	Mesurage de la résistance du circuit principal Essais d'échauffement	6.4 6.5
3	Essai au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible Essais d'établissement et de coupure	6.6 Voir normes CEI applicables
4	Essais de vérification de la protection procurée par les enveloppes Essais d'étanchéité (quand ils sont applicables) Essais mécaniques Essais d'environnement	6.7 6.8 } Voir normes CEI applicables

Lorsque d'autres essais de type sont nécessaires, ils sont spécifiés dans les normes CEI applicables.

Chaque essai de type particulier doit être effectué en principe sur l'appareillage complet (mais voir 3.2.2) en condition de service (rempli des quantités et qualités spécifiées de liquides ou de gaz aux pressions et aux températures spécifiées), sur leurs dispositifs de commande et matériels auxiliaires, le tout devant être, ou ramené à l'état neuf et propre au début de chaque essai de type.

La remise en état pendant chaque essai de type peut être permise par la norme CEI applicable. Le constructeur doit déclarer au laboratoire d'essai la liste des pièces qui peuvent être remises à neuf pendant l'essai.

6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essai

Le constructeur doit soumettre au laboratoire d'essai les dessins et les données fournissant l'information suffisante pour identifier sans ambiguïté les détails et les pièces essentiels du type d'appareillage présenté à l'essai. Chaque dessin ou tableau de données doit avoir une référence unique et doit inclure une déclaration selon laquelle le constructeur s'engage sur la conformité de ceux-ci avec l'appareillage présenté à l'essai.

A la fin de la vérification, les dessins de détail et autres données doivent être rendus au constructeur pour stockage.

Le constructeur doit garder des dossiers détaillés de la conception de chaque pièce de l'appareillage essayé et s'assurer qu'elle peut être identifiée au moyen des dessins et tableaux de données.

NOTE – Les constructeurs dont les systèmes de production ont été certifiés conformes à l'ISO 9001 ou ISO 9002 satisfont aux exigences ci-dessus.

Le laboratoire d'essai doit vérifier que les dessins et tableaux de données représentent correctement les détails et pièces essentiels de l'appareillage à essayer, mais ne doit pas être responsable de la précision des détails de l'information.

Les dessins particuliers et les données qui doivent être soumis par le constructeur au laboratoire d'essai pour l'identification de l'appareillage sont spécifiés à l'annexe A.

NOTE – Il n'est pas nécessaire de répéter un essai particulier à la suite d'une modification de détail de construction, si le constructeur peut démontrer que cette modification n'a pas d'influence sur le résultat de ce type particulier d'essai.

Table 8 – Example of grouping of type tests

Group	Type tests	Sub-clause
1	Dielectric tests on main, auxiliary and control circuits	6.2
	Radio interference voltage (r.i.v.) test	6.3
2	Measurement of resistance of the main current path	6.4
	Temperature rise tests	6.5
3	Short-time withstand current and peak withstand current tests	6.6
	Making and breaking tests	See relevant IEC standard
4	Tests to verify the degrees of protection of enclosures	6.7
	Tightness tests (where applicable)	6.8
	Mechanical tests	} See relevant IEC standard
	Environmental tests	

Where additional type tests are necessary, these are specified in the relevant IEC standard.

Each individual type test shall be made in principle on complete switchgear and controlgear (but see 3.2.2) in the condition as required for service (filled with the specified types and quantities of liquid or gas at specified pressure and temperature), on their operating devices and auxiliary equipment, all of which in principle shall be in, or restored to, a new and clean condition at the beginning of each type test.

Reconditioning during individual type tests may be allowed, according to the relevant IEC standard. The manufacturer shall provide a statement to the testing laboratory of those parts that may be renewed during the tests.

6.1.2 Information for identification of specimens

The manufacturer shall submit to the testing laboratory, drawings and other data containing sufficient information to unambiguously identify by type the essential details and parts of the switchgear and controlgear presented for test. Each drawing or data schedule shall be uniquely referenced and shall contain a statement to the effect that the manufacturer guarantees that the drawings or data schedules truly represent the switchgear and controlgear to be tested.

After completion of verification, detail drawings and other data shall be returned to the manufacturer for storage.

The manufacturer shall maintain detailed design records of all component parts of the switchgear and controlgear tested and shall ensure that these may be identified from information included in the drawings and data schedules.

NOTE – Manufacturers whose production systems have been certified for compliance with ISO 9001 or ISO 9002 do satisfy the previously mentioned requirements.

The testing laboratory shall check that drawings and data schedules adequately represent the essential details and parts of the switchgear and controlgear to be tested, but shall not be responsible for the accuracy of the detailed information.

Particular drawings or data required to be submitted by the manufacturer to the test laboratory for identification of essential parts of switchgear and controlgear are specified in annex A.

NOTE – An individual type test need not be repeated for a change of construction detail, if the manufacturer can demonstrate that this change does not influence the result of that individual type test.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essai type

Les résultats de tous les essais de type doivent être enregistrés dans des rapports d'essai contenant assez d'information pour prouver la conformité avec la spécification, et pour identifier les parties essentielles de l'appareillage. Ils doivent comprendre, en particulier les informations suivantes:

- le constructeur;
- la désignation du type et le numéro de série de l'appareillage essayé;
- les caractéristiques assignées de l'appareillage essayé, telles que spécifiées dans les normes CEI applicables;
- la description générale (par le constructeur) de l'appareillage essayé, y compris le nombre de pôles;
- la marque, le type, les numéros de série et les caractéristiques des parties essentielles, quand cela s'applique (par exemple le mécanisme de commande, les chambres de coupure, les impédances en parallèle);
- les détails généraux du châssis de l'appareil de connexion ou de l'appareillage sous enveloppe dont l'appareil de connexion fait partie intégrante;
- détails de mécanismes et dispositifs de commande utilisés pendant l'essai, lorsque cela s'applique;
- des photographies illustrant l'état de l'appareillage avant et après l'essai;
- les dessins d'encombrement et tableaux de données suffisants pour représenter l'appareillage essayé;
- les numéros de référence de tous les dessins soumis pour identifier les parties essentielles de l'appareillage essayé;
- les détails des dispositions d'essai (y compris les schémas du circuit d'essai);
- la description du comportement de l'appareillage pendant les essais, son état après les essais, et toute pièce remise en état ou à neuf pendant l'essai;
- les enregistrements des paramètres pour chaque séquence d'essai, selon la norme CEI applicable.

6.2 Essais diélectriques

Les essais diélectriques de l'appareillage doivent être effectués selon la CEI 60-1, sauf spécification différente dans la présente norme.

Des renseignements sur les essais diélectriques sont donnés à l'annexe F.

NOTE – Lorsque l'appareillage comprend des dispositifs limiteurs de tension qui ne peuvent pas être séparés de l'appareillage proprement dit, il convient d'essayer l'ensemble selon l'annexe F.

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

On doit se référer à la CEI 60-1 en ce qui concerne les conditions atmosphériques normes de référence, et les facteurs de correction atmosphérique.

On doit appliquer le facteur de correction K_t à l'appareillage dont l'isolation externe à l'air libre constitue l'élément principal.

Le facteur de correction de l'humidité ne doit être appliqué que pour les essais à sec de l'appareillage dont l'isolation externe à l'air libre constitue l'élément principal.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

The results of all type-tests shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with the specification, and sufficient information shall be included so that the essential parts of the switchgear and controlgear can be identified. In particular, the following information shall be included:

- manufacturer;
- type designation and serial number of switchgear and controlgear tested;
- rated characteristics of switchgear and controlgear tested as specified in the relevant IEC standard;
- general description (by manufacturer) of switchgear and controlgear tested, including number of poles;
- make, type, serial numbers and ratings of essential parts, where applicable (e.g. operating-mechanisms, interrupters, shunt impedances);
- general details of the supporting structure of the switching device or enclosed switchgear of which the switching device forms an integral part;
- details of the operating-mechanism and devices employed during tests, where applicable;
- photographs to illustrate the condition of switchgear and controlgear before and after test;
- sufficient outline drawings and data schedules to represent the switchgear and controlgear tested;
- reference numbers of all drawings submitted to identify the essential parts of the switchgear and controlgear tested;
- details of the testing arrangements (including diagram of test circuit);
- statements of the behaviour of the switchgear and controlgear during tests, its condition after tests and any parts renewed or reconditioned during the tests;
- records of the test quantities during each test or test duty, as specified in the relevant IEC standard.

6.2 Dielectric tests

Dielectric tests of the switchgear and controlgear shall be performed in compliance with IEC 60-1, unless otherwise specified in this standard.

Information about dielectric tests is given in annex F.

NOTE – Where switchgear and controlgear incorporates voltage-limiting devices which cannot be separated from the switchgear and controlgear, then the complete equipment should be tested in accordance with annex F.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Reference shall be made to IEC 60-1 regarding standard reference atmospheric conditions and atmospheric correction factors.

For switchgear and controlgear where external insulation in free air is of principal concern, the correction factor K_t shall be applied.

The humidity correction factor shall be applied only for the dry tests where insulation in free air is of principal concern.

Pour l'appareillage de tension assignée inférieure ou égale à 52 kV, on peut considérer que:

- $m = 1$ et $w = 0$ quand l'humidité absolue est plus grande que celle de l'atmosphère de référence, à savoir quand $h > 11 \text{ g/m}^3$;
- $m = 1$ et $w = 1$ quand l'humidité absolue est plus petite que celle de l'atmosphère de référence, à savoir quand $h < 11 \text{ g/m}^3$.

Pour l'appareillage possédant une isolation externe et une isolation interne, on doit appliquer le facteur de correction K_t si la valeur de celui-ci est comprise entre 0,95 et 1,05. Cependant, de manière à éviter des contraintes supplémentaires sur l'isolation interne, on peut ne pas appliquer le facteur de correction K_t si on a prouvé le comportement satisfaisant de l'isolation externe. Si le facteur de correction n'est pas compris entre 0,95 et 1,05, les détails des essais diélectriques doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Pour l'appareillage comportant seulement une isolation interne, les conditions de l'air ambiant n'ont pas d'influence et ne doit pas appliquer le facteur de correction K_t .

Pour les essais de tension combinée, le paramètre g doit être calculé en considérant la valeur totale de la tension d'essai.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

L'isolation externe de l'appareillage pour l'extérieur doit être soumise à des essais de tenue sous pluie selon la procédure normalisée de la CEI 60-1.

6.2.3 Etat de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Les essais diélectriques doivent être effectués sur l'appareillage complètement assemblé comme en service; les surfaces extérieures des éléments isolants doivent être soigneusement nettoyées.

L'appareillage doit être monté pour l'essai avec la hauteur et les distances minimales dans l'air, spécifiées par le constructeur.

On admet qu'un matériel essayé à une hauteur donnée au-dessus du niveau du sol fonctionne de façon satisfaisante lorsqu'il est installé en service à une hauteur supérieure au-dessus du niveau du sol.

Lorsque la distance entre les pôles de l'appareillage n'est pas fixée par construction, la distance entre les pôles à adopter pour les essais sera la valeur minimale indiquée par le constructeur. Toutefois, afin d'éviter de monter des appareils tripolaires de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, les essais de pollution artificielle et les essais de tension de perturbation radioélectrique peuvent être effectués sur un seul pôle et, si la distance minimale entre pôles est égale ou supérieure à celles données dans les tableaux F.1 et F.3 de la CEI/FDIS 71-2, tous les autres essais diélectriques peuvent être exécutés sur un seul pôle.

Lorsque le constructeur indique qu'un isolement supplémentaire tel que des enrubannages ou des écrans est exigé pour l'utilisation en service, une telle isolation supplémentaire doit aussi être utilisée pendant les essais.

Si des éclateurs de protection ou des anneaux de garde sont nécessaires pour la protection du réseau, ces éclateurs peuvent être enlevés ou leur écartement augmenté en vue de l'essai. S'ils sont nécessaires pour la répartition du gradient, ils doivent être maintenus en place pendant l'essai.

En ce qui concerne l'appareillage utilisant un gaz comprimé pour l'isolement, les essais diélectriques doivent être effectués à la masse volumique minimale pour l'isolement spécifiée par le constructeur. On doit noter la température et la pression du gaz pendant les essais et l'indiquer dans le rapport d'essais.

For switchgear and controlgear of rated voltage of 52 kV and below, it can be assumed that:

- $m = 1$ and $w = 0$ when the absolute humidity is higher than that of the reference atmosphere, i.e. when $h > 11 \text{ g/m}^3$;
- $m = 1$ and $w = 1$ when the absolute humidity is lower than that of the reference atmosphere, i.e. when $h < 11 \text{ g/m}^3$.

For switchgear and controlgear having external and internal insulation, the correction factor K_t shall be applied if its value is between 0,95 and 1,05. However, in order to avoid over-stressing of internal insulation, the application of the correction factor K_t may be omitted where the satisfactory performance of external insulation has been established. When the correction factor is outside the range of 0,95 and 1,05, details of dielectric tests shall be subject to agreement between manufacturer and user.

For switchgear and controlgear having only internal insulation, the ambient air conditions are of no influence and the correction factor K_t shall not be applied.

For combined tests, parameter g shall be calculated considering the total test voltage value.

6.2.2 Wet test procedure

The external insulation of outdoor switchgear and controlgear shall be subjected to wet withstand tests under the standard wet test procedure given in IEC 60-1.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Dielectric tests shall be made on switchgear and controlgear completely assembled, as in service; the outside surfaces of insulating parts shall be in clean condition.

The switchgear and controlgear shall be mounted for test with minimum clearances and height as specified by the manufacturer.

Equipment tested at one height above ground surface level will be deemed to be satisfactory if mounted at a greater height above ground surface level when in service.

When the distance between the poles of switchgear and controlgear is not inherently fixed by the design, the distance between the poles for the test shall be the minimum value stated by the manufacturer. However, to obviate the necessity of erecting large three-pole switchgear and controlgear for test purposes alone, the artificial pollution and the radio interference voltage tests may be made on a single pole and, if the minimum clearance between poles is equal to or larger than those given in tables F.1 and F.3 of IEC/FDIS 71-2, all other dielectric tests may be made on a single pole.

When the manufacturer states that supplementary insulation such as tape or barriers is required to be used in service, such supplementary insulation shall also be used during the tests.

If arcing horns or rings are required for the purpose of system protection, they may be removed or their spacing increased for the purpose of the test. If they are required for gradient distribution, they shall remain in position for the test.

For switchgear and controlgear using compressed gas for insulation, dielectric tests shall be performed at minimum functional pressure (density) for insulation as specified by the manufacturer. The temperature and pressure of the gas during the tests shall be noted and recorded in the test report.

NOTE – Attention: Au cours des essais diélectriques de l'appareillage comprenant des appareils de coupure dans le vide, il est recommandé de s'assurer que le niveau de l'émission possible de rayonnement X reste dans les limites qu'impose la sécurité. Les règles nationales de sécurité peuvent influencer sur les mesures de sécurité à adopter.

6.2.4 Conditions de réussite des essais

a) Essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle

L'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai si aucune décharge disruptive ne se produit.

Si une décharge disruptive se produit sur l'isolation externe auto-régénératrice au cours des essais sous pluie, l'essai doit être répété dans les mêmes conditions, et l'appareillage doit être considéré comme ayant satisfait à cet essai si aucune nouvelle décharge disruptive ne se produit.

b) Essais aux chocs

Il faut appliquer la procédure B de la CEI 60-1: 15 chocs consécutifs de foudre ou de manœuvre doivent être appliqués à la tension de tenue assignée dans chaque condition d'essai et dans chaque polarité. L'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai si le nombre des décharges disruptives sur l'isolation auto-régénératrice ne dépasse pas deux dans chaque série de 15 chocs, et si aucune décharge disruptive ne se produit sur l'isolation non auto-régénératrice.

La procédure C de la CEI 60-1 peut être appliquée en variante à l'essai de tenue de 15 chocs. Dans ce cas, l'essai doit consister en l'application de trois chocs consécutifs dans chaque polarité. L'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai si aucune décharge disruptive ne se produit. Si une décharge disruptive se produit sur la partie auto-régénératrice de l'isolation, 9 chocs supplémentaires doivent alors être appliqués, et si aucune décharge disruptive ne se produit, l'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai.

S'il est prouvé que les essais dans une polarité donnent les résultats les plus défavorables, il est permis de n'effectuer les essais que dans cette polarité.

Certains matériaux isolants restent chargés après un essai au choc et des précautions doivent être prises dans ce cas lors des changements de polarité. Pour permettre aux matériaux isolants de se décharger, il est recommandé d'utiliser des méthodes appropriées, telles que l'application de trois chocs de polarité inverse de tension au moins égale à 80 % de la tension d'essai, avant les essais.

c) Commentaire général

Lors de l'essai d'un gros appareillage, la partie du matériel à travers laquelle la tension d'essai est appliquée peut être soumise à de nombreuses séquences d'essai pour vérifier les propriétés isolantes des autres parties situées en aval (disjoncteurs, sectionneurs, autres traverses). Il est recommandé d'essayer les parties tour à tour en commençant par la première partie raccordée. Quand cette partie a réussi l'essai selon les critères exposés ci-dessus, sa qualification n'est pas remise en question par d'éventuelles décharges disruptives pouvant se produire lors des essais ultérieurs sur d'autres parties.

NOTE – Ces décharges peuvent être le résultat de l'accumulation de la probabilité de décharge avec le plus grand nombre d'applications de tensions, ou de tension réfléchie suite à une décharge disruptive à un point éloigné de l'appareillage. Pour réduire la probabilité d'apparition de ces décharges, il est permis d'augmenter la pression de la première partie après qu'elle a réussi ses essais.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Il faut distinguer le cas général, où les trois tensions d'essai (entre phase et terre, entre pôles et entre contacts ouverts) sont les mêmes, et le cas particulier de la distance de sectionnement et de l'isolement entre phases supérieur à celui entre phase et terre.

NOTE – **Caution:** In the dielectric testing of switchgear and controlgear incorporating vacuum switching devices, precautions should be taken to ensure that the level of possible emitted X-radiation is within safe limits. National safety codes may influence the safety measures established.

6.2.4 *Criteria to pass the test*

a) Short-duration power-frequency withstand voltage tests

The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs.

If during a wet test a disruptive discharge on external self-restoring insulation occurs, this test shall be repeated in the same test condition and the switchgear and controlgear shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

b) Impulse tests

Procedure B of IEC 60-1 shall be applied: 15 consecutive lightning or switching impulses at the rated withstand voltage shall be applied for each test condition and each polarity. The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if the number of the disruptive discharges on self-restoring insulation does not exceed two for each series of 15 impulses and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

Procedure C of IEC 60-1 may be applied as an alternative to the 15 impulses withstand test. In this case, the test shall be performed by applying three consecutive impulses for each polarity. The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs. If one disruptive discharge occurs in the self-restoring part of the insulation, then 9 additional impulses shall be applied and if no disruptive discharges occur, the switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test.

If it is proved that tests for one polarity give the most unfavourable results, it is permissible to perform the tests for this polarity only.

Some insulating materials retain a charge after an impulse test and for these cases care should be taken when reversing the polarity. To allow the discharge of insulating materials, the use of appropriate methods, such as the application of three impulses at about 80 % of the test voltage in the reverse polarity before the test, is recommended.

c) General comment

When testing large switchgear and controlgear, the part of equipment through which the test voltage is applied may be subjected to numerous test sequences to check the insulating properties of other downstream parts of equipment (circuit-breakers, disconnectors, other bays). It is recommended that parts be tested in sequence, starting with first connected part. When this part has passed the test according to the above-mentioned criteria, its qualification is not impaired by possible disruptive discharges which could occur in it during further tests on other parts.

NOTE – These discharges may have been generated by accumulation of discharge probability with the increased number of voltage applications or by reflected voltage after a disruptive discharge at a remote location within the equipment. To reduce the probability of occurrence of these discharges in gas-filled equipment, the pressure of the already-tested parts may be increased after passing their tests.

6.2.5 *Application of the test voltage and test conditions*

Distinction must be made between the general case, where the three test voltages (phase-to-earth, between phases and across open switching device) are the same, and the special cases of the isolating distance and of insulation between phases higher than phase to ground.

6.2.5.1 Cas général

La tension d'essai doit être appliquée selon le tableau 9 ci-dessous, en se référant à la figure 2 qui représente le schéma de raccordement d'un appareil de connexion tripolaire.

Tableau 9 – Conditions d'essais dans le cas général

Condition d'essai	Appareil de connexion	Tension appliquée à	Terre raccordée à
1	Fermé	Aa	BCbcF
2	Fermé	Bb	ACacF
3	Fermé	Cc	ABabF
4	Ouvert	A	BCabcF
5	Ouvert	B	ACabcF
6	Ouvert	C	ABabcF
7	Ouvert	a	ABCbcF
8	Ouvert	b	ABCacF
9	Ouvert	c	ABCabF

Les conditions d'essais 3, 6 et 9 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis. Les conditions d'essais 7, 8 et 9 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

6.2.5.2 Cas particulier

Lorsque la tension d'essai entre les bornes de l'appareil de connexion ouvert est supérieure à la tension de tenue entre phase et terre, plusieurs méthodes d'essai peuvent être utilisées:

a) Méthode préférentielle

Sauf spécification différente dans la présente norme, la méthode préférentielle consiste en l'utilisation d'essais de tensions combinées (voir article 26 de la CEI 60-1).

– Essais de tension à fréquence industrielle

Les essais doivent être effectués au moyen de deux sources différentes de tension en condition de discordance de phases en vue d'obtenir la tension d'essai spécifiée. Le partage de la tension est spécifié en 6.2.6.1 et en 6.2.7.1.

Dans ce cas, la tension d'essai entre les bornes de l'appareil de connexion ouvert (ou de la distance de sectionnement) doit être appliquée selon le tableau 10 ci-dessous:

Tableau 10 – Conditions d'essais de l'isolation longitudinale à la tension à fréquence industrielle

Condition d'essai	Tension appliquée à	Terre raccordée à
1	A et a	BCbcF
2	B et b	ACacF
3	C et c	ABabF

La condition d'essais 3 peut être supprimée si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis.

6.2.5.1 General case

With reference to figure 2, which shows a diagram of connection of a three-pole switching device, the test voltage shall be applied according to the following table 9:

Table 9 – Test conditions in general case

Test condition	Switching device	Voltage applied to	Earth connected to
1	Closed	Aa	BCbcF
2	Closed	Bb	ACacF
3	Closed	Cc	ABabF
4	Open	A	BCabcF
5	Open	B	ACabcF
6	Open	C	ABabcF
7	Open	a	ABCbcF
8	Open	b	ABCacF
9	Open	c	ABCabF

Test conditions 3, 6 and 9 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the frame. Test conditions 7, 8 and 9 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the base.

6.2.5.2 Special case

When the test voltage across the open switching device is higher than the phase-to-earth withstand voltage, different test methods may be used.

a) Preferred method

Unless otherwise specified in this standard, the preferred method is the use of combined voltage tests (see clause 26 of IEC 60-1).

– Power-frequency voltage tests

The tests shall be performed using two different voltage sources in out-of-phase conditions in order to obtain the specified test value. The voltage share is specified in 6.2.6.1 and in 6.2.7.1.

In this case, the test voltage across the open switching device (or isolating distance) shall be applied according to the following table 10.

Table 10 – Power-frequency test conditions for longitudinal insulation

Test condition	Voltages applied to	Earth connected to
1	A and a	BCbcF
2	B and b	ACacF
3	C and c	ABabF

Test conditions 3 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the frame.

– Essais aux tensions de choc

La tension de tenue assignée au choc entre phase et terre constitue la partie principale de la tension d'essai et est appliquée à une borne; la tension complémentaire est fournie par une autre source de tension de polarité opposée et appliquée à la borne opposée. Cette tension complémentaire peut être, soit une tension de choc, soit la crête d'une tension à fréquence industrielle. Les autres pôles et le châssis sont reliés à la terre.

Pour tenir compte de l'influence du choc sur l'onde de tension à fréquence industrielle, due au couplage capacitif entre les deux circuits de tension, les exigences d'essai suivantes doivent être remplies: la chute de tension de l'onde à fréquence industrielle doit être limitée de telle façon que la tension réelle d'essai par rapport à la terre, mesurée à l'instant correspondant à la valeur de crête du choc, ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée pour la tension complémentaire avec une tolérance de 5 %. Pour remplir cette condition, la tension instantanée à fréquence industrielle peut être augmentée sans dépasser $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ pour les essais au choc de foudre et $1,2 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ pour les essais au choc de manoeuvre. Voir D 2.3.1.

La chute de tension peut être considérablement réduite en raccordant un condensateur de valeur convenable en parallèle avec la borne raccordée à la tension à fréquence industrielle.

La tension d'essai doit être appliquée selon le tableau 11 ci-dessous:

Tableau 11 – Conditions d'essai de l'isolation longitudinale à la tension de choc

Condition d'essai	Partie principale	Partie complémentaire	Terre reliée à
	Tension appliquée à		
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF

Les conditions d'essais 3, et 6 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis.

Les conditions d'essais 4, 5 et 6 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

b) Méthode en variante

Lorsqu'une seule source de tension est utilisée, l'isolement entre bornes de l'appareil de connexion ouvert (ou de la distance de sectionnement) peut aussi être essayé comme suit, pour les essais de tension à fréquence industrielle comme pour les essais à la tension de choc.

- La tension totale d'essai U_t est appliquée entre une borne et la terre, la borne opposée est reliée à la terre.
- Si la tension correspondante aux bornes des isolateurs-soutiens de l'appareil de connexion dépasse la tension de tenue assignée entre phase et terre, le châssis doit être fixé à une tension partielle U_f par rapport à la terre, en sorte que $U_t - U_f$ soit compris entre 90 % et 100 % de la tension de tenue assignée entre phase et terre.

– Impulse voltage tests

The rated impulse withstand voltage phase-to-earth constitutes the main part of the test voltage and is applied to one terminal; the complementary voltage is supplied by another voltage source of the opposite polarity and applied to the opposite terminal. This complementary voltage may be either another impulse voltage or the peak of a power-frequency voltage. The other poles and the frame are earthed.

To take into account the influence of the impulse on the power-frequency voltage wave, caused by capacitive coupling between the two voltage circuits, the following test requirements shall be fulfilled: the voltage drop on the power-frequency wave shall be limited so that the actual test voltage to ground, measured at the instant of the peak value of the impulse is not less than the value specified for the complementary voltage with a tolerance of 5 %. To achieve such a condition, the instantaneous power-frequency voltage may be increased up to, but no more than $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ for the lightning impulse tests, and not more than $1,2 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ for the switching impulse tests. See D.2.3.1.

The voltage drop can be greatly reduced by using a capacitor of a convenient value connected in parallel to the terminal of the power-frequency side.

The test voltage shall be applied according to table 11.

Table 11 – Impulse test conditions for longitudinal insulation

Test condition	Main part	Complementary part	Earth connected to
	Voltage applied to		
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF

Test conditions 3 and 6 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the frame.

Test conditions 4, 5 and 6 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the frame.

b) Alternative method

When only one voltage source is used, the insulation across the open switching device (or isolating distance) may be tested as follows, for both power-frequency voltage tests and impulse voltage tests:

- the total test voltage U_t is applied between one terminal and earth; the opposite terminal is earthed:
- When the resulting voltage across the supporting insulation of the switching device would exceed the rated phase-to-earth withstand voltage, the frame is fixed at a partial voltage with respect to earth U_f , so that $U_t - U_f$ is between 90 % and 100 % of the rated withstand voltage phase-to-earth.

6.2.6 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245 \text{ kV}$

Les essais doivent être effectués avec les tensions d'essai du tableau 1a ou 1b.

6.2.6.1 Essais de tension à fréquence industrielle

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle, selon la CEI 60-1. Pour chaque condition d'essai, la tension doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et y être maintenue pendant 1 min.

Les essais doivent être effectués à sec et aussi sous pluie pour l'appareillage d'extérieur.

La distance de sectionnement peut être essayée comme suit:

- méthode préférentielle. Dans ce cas, aucune des valeurs des deux tensions appliquées aux deux bornes ne doit être inférieure au tiers de la tension de tenue assignée entre phase et terre;
- méthode en variante. Pour les appareils de connexion isolés au gaz sous enveloppe métallique de tension assignée inférieure à 72,5 kV et pour les appareils conventionnels de toute tension, il n'est pas nécessaire de fixer aussi précisément la tension par rapport à la terre U_f du châssis qui peut même être isolé.

NOTE – Compte tenu de la grande dispersion des résultats d'essais de tension à fréquence industrielle sous pluie pour les appareils de connexion de tension assignée égale à 170 kV et 245 kV. Il est permis de les remplacer par un essai de tension de choc de manœuvre 250/2500 μs sous pluie, avec une valeur de crête égale à 1,55 fois la valeur efficace de la tension spécifiée à fréquence industrielle.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de choc de foudre, à sec seulement. Les essais doivent être effectués dans les deux polarités à l'aide de chocs de foudre normalisés 1,2/50 μs selon la CEI 60-1.

Lorsque la méthode en variante est utilisée pour essayer la distance de sectionnement des appareils de connexion isolés au gaz sous enveloppe métallique de tension assignée inférieure à 72,5 kV et des appareils de connexion conventionnels de toute tension, il n'est pas nécessaire de fixer avec précision la tension U_f du châssis qui peut même être isolé.

6.2.7 Essais de l'appareillage de tension assignée supérieure à 245 kV

En position fermée, les essais doivent être effectués dans les conditions 1, 2 et 3 du tableau 9. En position ouverte, les essais doivent être effectués comme indiqué ci-dessous (mais voir 6.2.3). De plus, des essais de tension au choc de manœuvre entre phases doivent être effectués comme indiqué ci-dessous. Les tensions d'essais sont données dans les tableaux 2a et 2b.

6.2.7.1 Essais de tension à fréquence industrielle

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle selon la CEI 60-1. Pour chaque condition d'essai, la tension doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et y est maintenue pendant 1 min.

Les essais doivent être effectués à sec seulement.

L'isolement entre bornes de l'appareil de connexion ouvert, ou la distance de sectionnement, doit être essayé par la méthode préférentielle a) de 6.2.5.2 ci-dessus. Par accord entre constructeur et utilisateur, la méthode b) de 6.2.5.2 peut aussi être utilisée. Quelle que soit la méthode choisie, aucune des tensions appliquées entre une borne et le châssis ne doit être supérieure à la tension assignée U_r .

6.2.6 Tests of switchgear and controlgear of $U_r \leq 245 \text{ kV}$

The tests shall be performed with the test voltages given in table 1a or 1b.

6.2.6.1 Power-frequency voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests in accordance with IEC 60-1. The test voltage shall be raised for each test condition to the test value and maintained for 1 min.

The tests shall be performed in dry conditions and also in wet conditions for outdoor switchgear and controlgear.

The isolating distance may be tested as follows:

- preferred method. In this case, neither of the two voltage values applied to the two terminals shall be less than one-third of the rated withstand voltage phase-to-earth;
- alternative method: for metal-enclosed gas-insulated switching device with a rated voltage of less than 72,5 kV and for conventional switching device of any rated voltage, the voltage to earth of the frame U_f need not be fixed so accurately and the frame may even be insulated.

NOTE – Due to the large scatter of the results of power-frequency voltage wet tests for switchgear and controlgear of rated voltage equal to 170 kV and 245 kV, it is accepted to replace these tests by a wet 250/2500 μs switching impulse voltage test, with a peak value equal to 1,55 times the r.m.s. value of the specified power-frequency test voltage.

6.2.6.2 Lightning impulse voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests in dry conditions only. The tests shall be performed with voltages of both polarities using the standard lightning impulse 1,2/50 μs according to IEC 60-1.

When the alternative method is used to test the isolating distance of metal-enclosed gas-insulated switching device with a rated voltage of less than 72,5 kV and of conventional switching device of any rated voltage, the voltage to earth of the frame U_f need not be fixed so accurately and the frame may even be insulated.

6.2.7 Tests of switchgear and controlgear of rated voltage above 245 kV

In the closed position, the tests shall be performed in conditions 1, 2 and 3 of table 9. In the open position, the tests shall be performed as stated below (but see 6.2.3). In addition, phase-to-phase switching impulse voltage tests shall be performed as stated below. The test voltages are given in table 2a or 2b.

6.2.7.1 Power-frequency voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests in accordance with IEC 60-1. The test voltage shall be raised for each test condition to the test value and maintained for 1 min.

The tests shall be performed in dry conditions only.

The insulation across the open switching device or isolating distance shall be tested with the preferred method a) of 6.2.5.2 above. Subject to agreement with the manufacturer, the alternative method b) of 6.2.5.2 may also be used. Whichever method is chosen, neither of the voltages applied between one terminal and the frame shall be higher than the rated voltage U_r .

6.2.7.2 Essais à la tension de choc de manoeuvre

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de choc de manoeuvre. Les essais doivent être effectués avec des tensions des deux polarités, au moyen de chocs de manoeuvre 250/2500 μ s normalisés selon la CEI 60-1. Des essais sous pluie doivent être effectués pour l'appareillage d'extérieur seulement.

La distance de sectionnement doit être essayée par la méthode préférentielle a) de 6.2.5.2.

L'isolement entre pôles doit être essayé à sec seulement avec la tension d'essai totale donnée par la colonne 5 des tableaux 2, au moyen de la méthode préférentielle a) de 6.2.5.2 ci-dessus dans laquelle il convient que les deux composantes de tension soient égales à la moitié de la tension d'essai totale.

La répartition réelle de la tension doit être aussi équilibrée que possible. Toute répartition déséquilibrée de la tension d'essai totale est plus sévère. Lorsque les composantes de tension sont différentes en forme et/ou en amplitude, l'essai doit être répété en inversant les connexions.

6.2.7.3 Essais de tension de choc de foudre

L'appareillage doit être soumis aux essais de tension de choc de foudre à sec seulement. Les essais doivent être effectués avec des tensions des deux polarités au moyen des chocs de foudre 1,2/50 μ s normalisés, selon la CEI 60-1.

6.2.8 Essais de pollution artificielle

Aucun essai de pollution artificielle n'est nécessaire lorsque les lignes de fuite des isolateurs sont conformes aux exigences de 5.14.

Si les lignes de fuite ne sont pas conformes aux exigences de 5.14, il convient d'effectuer des essais de pollution artificielle selon la CEI 507, avec la tension assignée et les facteurs d'application donnés en 5.14.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Lorsqu'ils sont demandés dans les normes particulières de la CEI, les essais de décharges partielles doivent être effectués et les mesurages faits selon la CEI 270.

6.2.10 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Les circuits auxiliaires et de commande de l'appareillage doivent être soumis à des essais de tenue de courte durée à la tension à fréquence industrielle:

- a) entre les circuits auxiliaires et de commande reliés entre eux et le bâti de l'appareillage:
- b) si cela est réalisable, entre chaque partie des circuits auxiliaires et de commande qui peut être isolée des autres parties en service normal, et les autres parties reliées entre elles et au bâti.

La tension d'essai doit être 2000 V. L'essai doit être effectué selon la CEI 1180-1 pour une durée de 1 min. On doit considérer que les circuits auxiliaires et de commande de l'appareil de connexion ont satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de décharge disruptive pendant les essais.

6.2.7.2 *Switching impulse voltage tests*

Switchgear and controlgear shall be subjected to switching impulse voltage tests. The tests shall be performed with voltages of both polarities using the standardized switching impulse 250/2500 μ s according to IEC 60-1. Wet tests shall be performed for outdoor switchgear and controlgear only.

The isolating distance shall be tested with the preferred method a) of 6.2.5.2.

The insulation between poles shall be tested in dry conditions only with a total test voltage as per column 5 of tables 2, by the preferred method a) of 6.2.5.2 above in which the two voltage components should be equal to half the total test voltage.

The actual voltage share shall be as balanced as possible. Any unbalanced share of the total test voltage is more severe. When voltage components are different in shape and/or amplitude, the test shall be repeated reversing the connections.

6.2.7.3 *Lightning impulse voltage tests*

Switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests in dry conditions only. The tests shall be performed with voltages of both polarities using the standard lightning impulse 1,2/50 μ s according to IEC 60-1.

6.2.8 *Artificial pollution tests*

No artificial pollution tests are necessary when the creepage distances of the insulators comply with the requirements of 5.14.

If the creepage distances do not comply with the requirements of 5.14, artificial pollution tests should be performed according to IEC 507, using the rated voltage and the application factors given in 5.14.

6.2.9 *Partial discharge tests*

When requested by the relevant product standard, partial discharge tests shall be performed and the measurements made according to IEC 270.

6.2.10 *Test on auxiliary and control circuits*

Auxiliary and control circuits of switchgear and controlgear shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests:

- a) between the auxiliary and control circuits connected together as a whole and the frame of the switching device;
- b) if practicable, between each part of the auxiliary and control circuits, which in normal use may be insulated from the other parts, and the other parts connected together and to the frame.

The test voltage shall be 2000 V. The tests shall be performed according to IEC 1180-1 with a duration of 1 min. The auxiliary and control circuits of the switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs during each test.

Normalement, la tension d'essai des moteurs et des autres équipements utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande doit être la même que celle de ces circuits. Si ces appareils ont déjà été essayés conformément à leur propre spécification, ils peuvent être déconnectés pendant ces essais.

NOTE – Après accord entre constructeur et utilisateur, on peut adopter des méthodes d'essai et des valeurs différentes lorsqu'on utilise des composants électroniques dans les circuits auxiliaires ou de commande.

6.2.11 Essai de tension comme vérification d'état

Lorsque, après les essais de type de fermeture et de coupure et/ou les essais d'endurance électrique ou mécanique, les propriétés d'isolement entre les contacts ouverts d'un appareil de connexion ne peuvent pas être vérifiées avec assez de confiance par examen visuel, un essai de tenue de tension à fréquence industrielle à sec, conformément à 6.2.6.1 et 6.2.7.1, entre les bornes de l'appareil de connexion ouvert, peut être approprié à la valeur suivante:

Pour le matériel de tension assignée ne dépassant pas 245 kV:

- 80 % de la valeur du tableau 1a ou 1b, colonne 3 pour les sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs (matériels devant satisfaire aux prescriptions de sécurité), et colonne 2 pour les autres;

Matériel de tension assignée supérieure ou égale à 300 kV:

- 100 % de la valeur du tableau 2a ou 2b, colonne 3, pour les sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs (matériels devant satisfaire aux prescriptions de sécurité);
- 80 % de la valeur du tableau 2a ou 2b, colonne 3, pour les autres matériels.

NOTES

- 1 La réduction de la tension d'essai est justifiée par la marge de sécurité incluse dans les valeurs de tension de tenue assignée qui tient compte, par exemple, du vieillissement du matériel, de son usure et autre détérioration normale et par la dispersion des tensions d'amorçage.
- 2 Les essais de vérification d'état de l'isolement entre phase et terre peuvent être exigés pour certains appareils sous enveloppe. Dans ce cas, un essai de tenue à fréquence industrielle pourra être réalisé à 80% des valeurs des colonnes 2 respectivement des tableaux 1 et 2.
- 3 La norme de produit concerné peut spécifier que cet essai de vérification d'état est obligatoire pour certains types de matériels.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Ces essais concernent seulement l'appareillage de tension assignée égale ou supérieure à 123 kV, et ces essais doivent être effectués lorsqu'ils sont spécifiés dans les normes particulières de la CEI. L'appareillage doit être installé comme indiqué en 6.2.3.

La tension d'essai doit être appliquée comme suit:

- a) en position de fermeture, entre les bornes et le châssis relié à la terre;
- b) en position d'ouverture, entre une borne et les autres bornes connectées au châssis lui-même relié à la terre, puis avec les connexions inversées si l'appareil de connexion n'est pas symétrique.

L'armoire, la cuve, le châssis et les autres éléments normalement reliés à la terre, doivent être connectés à la terre. Il convient de prendre soin que des objets reliés ou non à la terre et situés à proximité de l'appareillage et du circuit d'essai et de mesure, n'influencent les mesures.

Normally, the test voltage of motors and other devices used in the auxiliary and control circuits shall be the same as the test voltage of those circuits. If such apparatus has already been tested in accordance with the appropriate specification, it may be disconnected for these tests.

NOTE – Where electronic components are used in auxiliary or control circuits, different testing procedures and values may be adopted subject to agreement between manufacturer and user.

6.2.11 *Voltage test as condition check*

When the insulating properties across open contacts of a switching device after the making, breaking and/or mechanical/electrical endurance tests cannot be verified by visual inspection with sufficient reliability, a power-frequency withstand voltage test in dry condition according to 6.2.6.1 and 6.2.7.1 across the open switching device at the following value of power-frequency voltage may be appropriate.

For equipment with rated voltages up to and including 245 kV:

- 80 % of the value in table 1a or 1b, column 3 for disconnectors and switch-disconnectors (equipment with safety requirements) and column 2 for other equipment.

For equipment with rated voltages from 300 kV and above:

- 100 % of the value in table 2a or 2b, column 3 for disconnectors and switch-disconnectors (equipment with safety requirements):
- 80 % of the value in tables 2a or 2b, column 3 for other equipment.

NOTES

- 1 The reduction of the test voltage is motivated by the safety margin in the rated test voltage values, which takes ageing, wear and other normal deterioration into account, and by the statistical nature of the flash-over voltage.
- 2 Condition-checking tests of the insulation to earth may be required for enclosed devices of certain design. In such cases a power-frequency test with 80 % of the values in column 2, of tables 1, and 2, respectively, should be performed.
- 3 The relevant apparatus standard can specify that this condition-checking test is mandatory for certain types of equipment.

6.3 *Radio interference voltage (r.i.v.) test*

These tests apply only to switchgear and controlgear having a rated voltage of 123 kV and above, and shall be made when specified in the relevant IEC standards. Switchgear and controlgear shall be installed as stated in 6.2.3.

The test voltage shall be applied as follows:

- a) in closed position, between the terminals and the earthed frame;
- b) in open position, between one terminal and the other terminals connected to the earthed frame and then with the connections reversed if the switching device is not symmetrical.

The case, tank, frame and other normally earthed parts shall be connected to earth. Care should be taken to avoid influencing the measurements by earthed or unearthed objects near to the switchgear and controlgear and to the test and measuring circuits.

L'appareillage doit être sec et propre et sa température doit être approximativement celle de la salle dans laquelle on effectue l'essai. Il ne doit pas être soumis à d'autres essais diélectriques dans les deux heures qui précèdent le présent essai.

Les connexions d'essai et leurs extrémités ne doivent pas provoquer de perturbations radioélectriques de valeurs supérieures à celles qui sont indiquées ci-dessous.

Le circuit de mesure (voir figure 3) doit être conforme à la CISPR 18-2. Le circuit de mesure doit être accordé de préférence pour une fréquence de 0,5 MHz à 10 % près, mais d'autres fréquences comprises entre 0,5 MHz et 2 MHz pourront être utilisées; la fréquence de mesure doit être notée. Les résultats doivent être exprimés en microvolts.

Si on utilise des impédances de mesure différentes de celles qui sont spécifiées dans les publications du CISPR, ces impédances ne doivent pas être supérieures à 600 Ω ni inférieures à 30 Ω ; dans tous les cas, le déphasage ne doit pas dépasser 20°. La tension équivalente de perturbation radioélectrique pour 300 Ω peut être calculée en supposant que la tension mesurée est directement proportionnelle à la résistance, sauf pour les objets essayés de grande capacité, pour lesquels une correction effectuée suivant cette méthode peut être imprécise. Par conséquent, on recommande d'utiliser une résistance de 300 Ω pour l'appareillage comportant des traversées munies de brides mises à la terre (par exemple disjoncteurs à cuve mise à la terre).

Le filtre F doit avoir une impédance élevée, à la fréquence de mesurage, de telle sorte que l'impédance entre le conducteur à haute tension et la terre ne soit pas shuntée de façon appréciable lorsqu'elle est vue de l'appareillage en essai. Ce filtre réduit également les courants de fréquence radioélectrique qui circulent dans le circuit d'essai et qui sont produits par le transformateur à haute tension ou recueillis à partir de sources étrangères au circuit. On a trouvé que la valeur appropriée de cette impédance était comprise entre 10 000 Ω et 20 000 Ω à la fréquence de mesure.

On doit s'assurer par des moyens convenables que le niveau de fond des perturbations (niveau de perturbation dû au champ extérieur et au transformateur haute tension lorsque son circuit magnétique est soumis à la pleine tension d'essai) est inférieur d'au moins 6 dB et de préférence 10 dB au niveau de perturbation spécifié pour l'appareillage à essayer. Les méthodes d'étalonnage des instruments de mesure et du circuit de mesure sont données, respectivement, dans la CISPR 16-1 et la CISPR 18-2.

Etant donné que le niveau de perturbation radioélectrique peut être affecté par des fibres ou des poussières qui se déposent sur les isolateurs, il est permis d'essuyer les isolateurs avec un chiffon propre avant d'effectuer une mesure. Les conditions atmosphériques pendant l'essai seront notées. On ne connaît pas les facteurs de correction à appliquer aux essais de perturbations radioélectriques, mais on sait que ces essais peuvent être sensibles à une humidité relative élevée et on peut douter de la valeur des résultats des essais si l'humidité relative est supérieure à 80 %.

La méthode d'essai suivante doit être suivie:

Une tension $1,1 U_r / \sqrt{3}$ doit être appliquée à l'appareillage et maintenue pendant au moins 5 min, U_r étant la tension assignée de l'appareillage. La tension doit alors être réduite par palier jusqu'à $0,3 U_r / \sqrt{3}$, puis augmentée de nouveau par paliers jusqu'à la valeur initiale et finalement réduite par paliers jusqu'à $0,3 U_r / \sqrt{3}$. A chaque palier, une mesure du niveau des perturbations radioélectriques doit être effectuée et les niveaux, tels qu'ils sont enregistrés pendant la dernière série de descente de tension, seront notés en fonction de la tension appliquée; la courbe ainsi obtenue est la caractéristique de perturbation radioélectrique de l'appareillage. L'amplitude des paliers de tension doit être approximativement égale à $0,1 U_r / \sqrt{3}$.

The switchgear and controlgear shall be dry and clean and at approximately the same temperature as the room in which the test is made. It should not be subjected to other dielectric tests within 2 h prior to the present test.

The test connections and their ends shall not be a source of radio interference voltage of higher values than those indicated below.

The measuring circuit (see figure 3) shall comply with CISPR 18-2. The measuring circuit shall preferably be tuned to a frequency within 10 % of 0,5 MHz, but other frequencies in the range 0,5 MHz to 2 MHz may be used, the measuring frequency being recorded. The results shall be expressed in microvolts.

If measuring impedances different from those specified in CISPR publications are used, they shall be not more than 600 Ω nor less than 30 Ω , in any case the phase angle shall not exceed 20°. The equivalent radio interference voltage referred to 300 Ω can be calculated, assuming the measured voltage to be directly proportional to the resistance, except for test pieces of large capacitance, for which a correction made on this basis may be inaccurate. Therefore, a 300 Ω resistance is recommended for switchgear and controlgear with bushings with earthed flanges (e.g. dead tank switchgear and controlgear).

The filter F shall have a high impedance at the measuring frequency, so that the impedance between the high-voltage conductor and earth is not appreciably shunted as seen from the switchgear and controlgear under test. This filter also reduces circulating radio-frequency currents in the test circuit, generated by the high-voltage transformer or picked up from extraneous sources. A suitable value for its impedance has been found to be 10 000 Ω to 20 000 Ω at the measuring frequency.

It shall be ensured by suitable means that the radio interference background level (radio interference level caused by external field and by the high-voltage transformer when magnetized at the full test voltage) is at least 6 dB and preferably 10 dB below the specified radio interference level of the switchgear and controlgear to be tested. Calibration methods for the measuring instrument and for the measuring circuits are given in CISPR 16-1 and CISPR 18-2 respectively.

As the radio interference level may be affected by fibres or dust settling on the insulators, it is permitted to wipe the insulators with a clean cloth before taking a measurement. The atmospheric conditions during the test shall be recorded. It is not known what correction factors apply to radio interference testing but it is known that tests may be sensitive to high relative humidity and the results of the test may be open to doubt if the relative humidity exceeds 80 %.

The following test procedure shall be followed:

A voltage of $1,1 U_r / \sqrt{3}$ shall be applied to the switchgear and controlgear and maintained for at least 5 min, U_r being the rated voltage of the switchgear and controlgear. The voltage shall then be decreased by steps down to $0,3 U_r / \sqrt{3}$, raised again by steps to the initial value and finally decreased by steps to $0,3 U_r / \sqrt{3}$. At each step a radio interference measurement shall be taken and the radio interference level, as recorded during the last series of voltage reductions, shall be plotted versus the applied voltage; the curve so obtained is the radio interference characteristic of the switchgear and controlgear. The amplitude of voltage steps shall be approximately $0,1 U_r / \sqrt{3}$.

On doit considérer que l'appareillage a satisfait à l'essai si le niveau de perturbation radioélectrique à une tension de $1,1 U_r / \sqrt{3}$ ne dépasse pas 2500 μV .

6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

6.4.1 Circuit principal

Le mesurage de la résistance du circuit principal doit être effectué pour permettre la comparaison entre l'appareillage soumis à l'essai de type d'échauffement et tous les autres appareillages du même type soumis aux essais individuels (voir 7.3).

Le mesurage est effectué en courant continu en mesurant la chute de tension ou la résistance entre les bornes de chaque pôle. Une attention particulière doit être donnée à l'appareillage sous enveloppe (voir les normes correspondantes).

Au cours de l'essai, le courant doit avoir une valeur quelconque convenable, comprise entre 50 A et le courant assigné en service continu.

NOTE – L'expérience montre que la seule augmentation de la résistance du circuit principal ne peut pas être considérée comme une évidence sûre de mauvais contacts ou de mauvaises connexions. Dans de tels cas, il convient de répéter l'essai avec un courant plus fort, aussi proche que possible du courant assigné en service continu.

Le mesurage de la chute de tension en courant continu ou de la résistance doit être effectué avant l'essai d'échauffement, l'appareillage se trouvant à la température de l'air ambiant, et après l'essai d'échauffement lorsque l'appareillage s'est refroidi jusqu'à une température égale à celle de l'air ambiant. Les résistances mesurées au cours de ces deux essais ne doivent pas différer de plus de 20 %.

La valeur mesurée de la chute de tension en courant continu, ou de la résistance, doit être indiquée dans le rapport d'essais de type, de même que les conditions générales au cours de l'essai (courant, température de l'air ambiant, points de mesure, etc.).

6.4.2 Circuit pour basse énergie

Chaque type de contact pour basse énergie doit être inséré dans un circuit résistant traversé par un courant de 10 mA lorsqu'il est alimenté par 6 V c.c. 0_{-15}^0 %. La résistance d'un contact pour basse énergie ne doit pas dépasser 50 Ω .

6.5 Essais d'échauffement

6.5.1 Etat de l'appareillage en essai

Sauf spécification contraire dans les publications particulières, l'essai d'échauffement des circuits principaux est effectué sur un appareil de connexion en position de fermeture, neuf et muni de contacts propres, et rempli de gaz approprié à la pression (ou masse volumique) minimale de fonctionnement avant l'essai.

6.5.2 Disposition de l'appareil

L'essai est effectué à l'intérieur, dans un environnement pratiquement exempt de courants d'air, exception faite de ceux provoqués par l'échauffement de l'appareil de connexion en essai. En pratique, cette condition est obtenue lorsque la vitesse de déplacement de l'air ne dépasse pas 0,5 m/s.

The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if the radio interference level at $1,1 U_r / \sqrt{3}$ does not exceed 2 500 μV .

6.4 *Measurement of the resistance of circuits*

6.4.1 *Main circuit*

A measurement of the resistance of the main circuit shall be made for comparison between the switchgear and controlgear type tested for temperature rise and all other switchgear and controlgear of the same type subjected to routine tests (see 7.3).

The measurement shall be made with d.c. by measuring the voltage drop or resistance across the terminals of each pole. Special consideration shall be given to enclosed switchgear and controlgear (see the relevant standards).

The current during the test shall have any convenient value between 50 A and the rated normal current.

NOTE – Experience shows that an increase of the main circuit resistance cannot alone be considered as reliable evidence of bad contacts or connections. In such a case, the test should be repeated with a higher current, as close as possible to the rated normal current.

The measurement of the d.c. voltage drop or the resistance shall be made before the temperature-rise test, with the switchgear and controlgear at the ambient air temperature and after the temperature-rise test when the switchgear and controlgear has cooled to a temperature equal to the ambient air temperature. The measured resistances in these two tests shall not differ by more than 20 %.

The measured value of the d.c. voltage drop or the resistance shall be given in the type-test report, as well as the general conditions during the test (current, ambient air temperature, points of measurement, etc.).

6.4.2 *Low energy circuits*

Each type of low energy auxiliary contact shall be inserted into a resistive load circuit through which flows a current of 10 mA when energized with 6 V d.c. $0_{-15}\%$. The resistance of the closed low energy contact shall not exceed 50 Ω .

6.5 *Temperature-rise tests*

6.5.1 *Conditions of the switchgear and controlgear to be tested*

Unless otherwise specified in the relevant standards, the temperature-rise test of the main circuits shall be made on a new switching device with clean contacts, and, if applicable, filled with the appropriate liquid or gas at the minimum functional pressure (or density) for insulation prior to the test.

6.5.2 *Arrangement of the equipment*

The test shall be made indoors in an environment substantially free from air currents, except those generated by heat from the switching device being tested. In practice, this condition is reached when the air velocity does not exceed 0,5 m/s.

Pour les essais d'échauffement des parties autres que les équipements auxiliaires, l'appareillage et ses accessoires sont montés approximativement comme en service, en ce qui concerne les points importants, avec tous les capots normalement prévus pour les différentes parties de l'appareil de connexion, et sont protégés contre des échauffements ou des refroidissements externes anormaux.

Lorsque, selon les instructions du constructeur, l'appareillage peut être installé dans différentes positions, l'essai d'échauffement est effectué dans la position la plus défavorable.

Ces essais doivent être, en principe, effectués sur des appareils de connexion tripolaires, mais ils peuvent être effectués sur un seul pôle ou sur un seul élément si l'influence des autres pôles ou éléments est négligeable. C'est le cas général de l'appareillage nu. Pour les appareils de connexion tripolaires dont le courant assigné ne dépasse pas 630 A, les essais peuvent être effectués avec tous les pôles raccordés en série.

Pour l'appareillage, en particulier ceux de grandes dimensions, pour lesquels l'isolation à la terre n'a pas d'influence appréciable sur l'échauffement, cette isolation peut être sensiblement réduite.

Les connexions provisoires au circuit principal sont réalisées de telle sorte qu'aucune quantité appréciable de chaleur ne soit enlevée de l'appareil de connexion ni ne lui soit fournie pendant l'essai. L'échauffement est mesuré aux bornes du circuit principal et sur les connexions provisoires à une distance de 1 m des bornes. La différence d'échauffement ne doit pas dépasser 5 K. Le type et les dimensions des connexions provisoires doivent être indiqués dans le rapport d'essai.

NOTE 1 – Afin de rendre l'essai d'échauffement plus reproductible, le type et/ou les dimensions des connexions provisoires peuvent être spécifiées dans des publications correspondantes.

Pour les appareils de connexion tripolaires, l'essai doit être effectué dans un circuit triphasé, à l'exception des cas mentionnés ci-dessus.

L'essai doit être effectué avec le courant assigné en service continu (I_r) de l'appareil de connexion. Le courant d'alimentation doit être pratiquement sinusoïdal.

A l'exception des équipements auxiliaires prévus pour le courant continu, l'appareillage doit être essayé à la fréquence assignée avec une tolérance de $\pm 2\%$. La fréquence d'essai doit être indiquée dans le rapport d'essai.

NOTE 2 – On considère que les essais effectués à 50 Hz sur des appareils de connexion de type ouvert sans composants ferreux proches des parties conductrices, prouvent le bon fonctionnement de l'appareil de connexion à 60 Hz, pourvu que les valeurs d'échauffement enregistrées pendant les essais ne dépassent pas 95% des valeurs maximales admissibles.

Lorsque les essais sont effectués à 60 Hz, il convient de les considérer comme valides pour le même courant à une fréquence assignée de 50 Hz.

L'essai doit être effectué pendant une période de temps suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur stable. Cette condition est considérée comme réalisée lorsque l'élévation de l'échauffement n'excède pas 1 K en 1 h. Ce critère est généralement atteint après une durée d'essai de cinq fois la constante de temps thermique du dispositif en essai.

Le temps nécessaire pour l'essai complet peut être réduit par préchauffage du circuit avec un courant d'une valeur plus élevée, sauf lorsque la mesure de la constante de temps thermique est prescrite.

For temperature-rise tests of parts other than auxiliary equipment, the switchgear and controlgear and their accessories shall be mounted in all significant respects as in service, including all normal covers of any part of the switchgear and controlgear, and shall be protected against undue external heating or cooling.

When the switchgear and controlgear, according to the manufacturer's instructions, may be installed in different positions, the temperature-rise tests shall be made in the most unfavourable position.

These tests shall be made in principle on three-pole switchgear and controlgear but may be made on a single pole or on a single unit provided the influence of the other poles or units is negligible. This is the general case for non-enclosed switchgear. For three-pole switchgear and controlgear with a rated normal current not exceeding 630 A, the tests may be made with all poles connected in series.

For switchgear and controlgear, particularly large switchgear and controlgear for which the insulation to earth has no significant influence on temperature rises, this insulation may be appreciably reduced.

Temporary connections to the main circuit shall be such that no significant amount of heat is conducted away from, or conveyed to, the switchgear and controlgear during the test. The temperature rise at the terminals of the main circuit, and at the temporary connections at a distance of 1 m from the terminals, shall be measured. The difference of temperature rise shall not exceed 5 K. The type and sizes of the temporary connections shall be recorded in the test report.

NOTE 1 – To make the temperature-rise test more reproducible, the type and/or sizes of the temporary connections may be specified in relevant standards.

For three-pole switchgear and controlgear, the test shall be made in a three-phase circuit with the exceptions mentioned above.

The test shall be made at the rated normal current (I_n) of the switchgear and controlgear. The supply current shall be practically sinusoidal.

Switchgear and controlgear with the exception of d.c. auxiliary equipment shall be tested at rated frequency with a tolerance of $\pm 5\%$. The test frequency shall be recorded in the test report.

NOTE 2 – Tests performed at 50 Hz on switching devices of the open type having no ferrous components adjacent to the current-carrying parts should be deemed to prove the performance of the switching device when rated 60 Hz, provided that the temperature-rise values recorded during the tests at 50 Hz do not exceed 95 % of the maximum permissible values.

When tests are performed at 60 Hz, they should be considered valid for the same current rating with 50 Hz rated frequency.

The test shall be made over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a stable value. This condition is deemed to be obtained when the increase of temperature rise does not exceed 1 K in 1 h. This criteria will normally be met after a test duration of five times the thermal time constant of the tested device.

The time for the whole test may be shortened by preheating the circuit with a higher value of current, except where the measurement of thermal time constant is required.

6.5.3 Mesurage de la température et de l'échauffement

Toutes précautions doivent être prises pour réduire les variations et les erreurs dues à l'inertie thermique entre l'appareillage et les variations de la température de l'air ambiant.

Pour les bobines, la méthode de mesure de l'échauffement par variation de résistance doit être normalement employée. D'autres méthodes ne sont autorisées que s'il est impossible d'utiliser la méthode par variation de résistance.

La température des différentes parties, autres que les bobines, pour lesquelles des limites sont spécifiées, est mesurée avec des thermomètres ou des thermocouples, ou d'autres dispositifs de type convenable, placés au point le plus chaud accessible. L'échauffement est enregistré à des intervalles réguliers au cours de l'essai, lorsque le calcul de la constante de temps thermique est nécessaire.

La température à la surface d'un composant immergé dans un diélectrique liquide est mesurée uniquement avec des thermocouples fixés à la surface de ce composant. La température du diélectrique liquide lui-même est mesurée à la partie supérieure du diélectrique.

Pour les mesures avec des thermomètres ou des thermocouples, les précautions suivantes doivent être prises:

- a) les réservoirs des thermomètres ou des thermocouples doivent être protégés contre le refroidissement venant de l'extérieur (laine sèche et propre, etc.). La surface protégée doit cependant être négligeable en comparaison de la surface de refroidissement de l'appareil en essai;
- b) une bonne conductivité thermique entre le thermomètre ou le thermocouple et la surface de la partie en essai doit être assurée;
- c) lorsque des thermomètres à réservoir sont employés à des endroits où existent des champs magnétiques variables, il est recommandé d'employer des thermomètres à alcool de préférence aux thermomètres à mercure, ces derniers pouvant être influencés dans ces conditions.

6.5.4 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air environnant l'appareillage (pour l'appareillage sous enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe). Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, au moyen d'au moins trois thermomètres, thermocouples ou autres dispositifs capteurs de température disposés régulièrement autour de l'appareil de connexion, à environ la hauteur moyenne des éléments traversés par le courant, et à une distance d'environ 1 m de l'appareillage. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les influences anormales de la chaleur.

En vue d'éviter des erreurs d'indication du fait de variations rapides de température, les thermomètres ou les thermocouples peuvent être placés dans de petits récipients contenant environ 0,5 l d'huile.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 1 K en 1 h. Si cela n'est pas possible du fait des conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'un appareillage identique placé dans les mêmes conditions, mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Cet appareillage supplémentaire ne doit pas être soumis à une quantité de chaleur excessive.

6.5.3 *Measurement of the temperature and the temperature rise*

Precautions shall be taken to reduce the variations and the errors due to the time lag between the temperature of the switching device and the variations in the ambient air temperature.

For coils, the method of measuring the temperature rise by variation of resistance shall normally be used. Other methods are permitted only if it is impracticable to use the resistance method.

The temperature of the various parts other than coils for which limits are specified shall be measured with thermometers or thermocouples, or other sensitive devices of any suitable type, placed at the hottest accessible point. The temperature rise shall be recorded at regular intervals throughout the test when the calculation of the thermal time constant is needed.

The surface temperature of a component immersed in a liquid dielectric shall be measured only by thermocouples attached to the surface of this component. The temperature of the liquid dielectric itself shall be measured in the upper layer of the dielectric.

For measurement with thermometers or thermocouples, the following precautions shall be taken:

- a) the bulbs of the thermometers or thermocouples shall be protected against cooling from outside (dry clean wool, etc.). The protected area shall, however, be negligible compared with the cooling area of the apparatus under test;
- b) good heat conductivity between the thermometer or thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured;
- c) when bulb thermometers are employed in places where there is any varying magnetic field, it is recommended to use alcohol thermometers in preference to mercury thermometers, as the latter are more liable to be influenced under these conditions.

6.5.4 *Ambient air temperature*

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the switchgear and controlgear (for enclosed switchgear and controlgear, it is the air outside the enclosure). It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers, thermocouples or other temperature-detecting devices equally distributed around the switchgear and controlgear at about the average height of its current-carrying parts and at a distance of about 1 m from the switchgear and controlgear. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and undue influence of heat.

In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be put into small bottles containing about 0,5 l of oil.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 K in 1 h. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions of the test room, the temperature of an identical switchgear and controlgear under the same conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional switchgear and controlgear shall not be subjected to an undue amount of heat.

La température de l'air ambiant pendant les essais doit être comprise entre +10 °C et +40 °C. Aucune correction des échauffements observés ne doit être faite pour des températures de l'air ambiant comprises dans ces limites.

6.5.5 Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande

L'essai est effectué avec le courant d'alimentation spécifié (courant alternatif ou courant continu) et pour le courant alternatif à sa fréquence assignée (tolérance $\pm 2\%$).

NOTE – On considère que les essais effectués à 50 Hz sur des appareils de connexion de type ouvert sans composants ferreux proches des parties conductrices, prouvent le bon fonctionnement de l'appareil de connexion à 60 Hz, pourvu que les valeurs d'échauffement enregistrées pendant les essais ne dépassent pas 95 % des valeurs maximales admissibles. Lorsque les essais sont effectués à 60 Hz, il convient de les considérer comme valides pour le même courant à une fréquence assignée de 50 Hz.

Les équipements auxiliaires doivent être essayés à leur tension assignée d'alimentation (U_a) ou à leur courant assigné. La tension d'alimentation en courant alternatif doit être pratiquement sinusoïdale.

Les bobines prévues pour un fonctionnement continu doivent être essayées pendant une période de temps suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante. En pratique, cette condition est obtenue lorsque la variation n'excède pas 1 K en 1 h.

Pour les circuits qui ne sont sous tension que pendant des manœuvres de fermeture ou d'ouverture, les essais sont effectués dans les conditions suivantes:

- a) lorsque l'appareil de connexion est muni d'un dispositif automatique de coupure du circuit auxiliaire à la fin de la manœuvre, le circuit doit être mis sous tension 10 fois de suite pendant 1 s ou jusqu'à l'intervention du dispositif automatique de coupure, l'intervalle de temps entre chaque mise sous tension étant de 10 s ou, si la construction de l'appareil de connexion ne le permet pas, le plus court intervalle possible;
- b) lorsque l'appareil de connexion n'est pas muni d'un dispositif automatique de coupure du circuit auxiliaire à la fin de la manœuvre, l'essai est effectué en maintenant le circuit sous tension pendant 15 s.

6.5.6 Interprétation des essais d'échauffement

L'échauffement des différentes parties de l'appareil de connexion ou des équipements auxiliaires, pour lesquelles des limites sont spécifiées, ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans le tableau 3. Sinon, l'appareil de connexion est considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Lorsque les contacts d'arc sont en cuivre nu, distincts des contacts principaux mais en parallèle avec ceux-ci, l'échauffement des contacts principaux et des contacts d'arc ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau 3.

Si l'isolation d'une bobine est constituée de plusieurs matériaux isolants différents, l'échauffement admissible de cette bobine doit correspondre au matériau isolant ayant la plus basse limite d'échauffement.

Si l'appareillage est muni de différents équipements répondant à des normes particulières (par exemple, redresseurs, moteurs, interrupteurs à basse tension, etc.), l'échauffement de tels équipements ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans les normes correspondantes.

The ambient air temperature during tests shall be more than +10 °C but less than +40 °C. No correction of the temperature-rise values shall be made for ambient air temperatures within this range.

6.5.5 *Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment*

The test is made with the specified supply (a.c. or d.c.), and for a.c. at its rated frequency (tolerance $\pm 2\%$).

NOTE – Tests performed at 50 Hz on switching devices of the open type having no ferrous components adjacent to the current-carrying parts should be deemed to prove the performance of the switching device when rated 60 Hz, provided that the temperature-rise values recorded during the tests at 50 Hz do not exceed 95 % of the maximum permissible values. When tests are performed at 60 Hz they should be considered valid for the same current rating with 50 Hz rated frequency.

The auxiliary equipment shall be tested at its rated supply voltage (U_a) or at its rated current. The a.c. supply voltage shall be practically sinusoidal.

Continuously rated coils shall be tested over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value. This condition is usually obtained when the variation does not exceed 1 K in 1 h.

For circuits energized only during switching operations, the tests shall be made under the following conditions:

- a) when the switching device has an automatic breaking device for interruption of the auxiliary circuit at the end of the operation, the circuit shall be energized 10 times, for either 1 s or until the automatic breaking device operates, the interval between the instant of each energizing being 10 s or, if the construction of the switching device does not permit this, the lowest interval possible,
- b) when the switching device has no automatic breaking device for interruption of the auxiliary circuit at the end of the operation, the test shall be made by energizing the circuit once for a duration of 15 s.

6.5.6 *Interpretation of the temperature-rise tests*

The temperature rise of the various parts of the switchgear and controlgear or auxiliary equipment for which limits are specified, shall not exceed the values specified in table 3. Otherwise, the switchgear and controlgear shall be considered to have failed the test.

When the arcing contacts are bare copper contacts and are separate from but in parallel with the main contacts, the temperature rise of the main contacts and of the arcing contacts shall not exceed the values given in table 3.

If the insulation of a coil is made of several different insulating materials, the permissible temperature rise of the coil shall be taken as that for the insulating material with the lowest limit of temperature rise.

If the switchgear and controlgear is fitted with various equipment complying with particular standards (for example, rectifiers, motors, low-voltage switches, etc.), the temperature rise of such equipment shall not exceed the limits specified in the relevant standards.

6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible

Les circuits principaux et, s'il y a lieu, les circuits de mise à la terre de l'appareillage doivent être soumis à un essai destiné à vérifier leur aptitude à supporter la valeur de crête du courant admissible et le courant de courte durée admissible assignés.

L'essai doit être effectué à la fréquence assignée avec une tolérance de $\pm 10\%$, à une tension convenable et à partir d'une température de l'air ambiant convenable.

NOTE – Pour la commodité des essais, des tolérances plus larges sur la fréquence assignée peuvent être nécessaires. Si les différences sont importantes, par exemple lorsque l'appareillage ayant une fréquence assignée de 50 Hz est essayé à 60 Hz et vice versa, il convient d'interpréter les résultats avec précaution.

6.6.1 Disposition de l'appareillage et du circuit d'essai

L'appareillage doit être monté sur son propre châssis ou sur un châssis équivalent et équipé de son propre dispositif de commande, pour autant que cela soit nécessaire à la représentativité de l'essai. Il doit être en position de fermeture et muni de contacts propres et neufs.

Chaque essai doit être précédé d'une manœuvre à vide de l'appareil de connexion et, sauf pour les sectionneurs de mise à la terre, de la mesure de la résistance du circuit principal.

L'essai peut être effectué en triphasé ou en monophasé. Dans le cas de l'essai monophasé, les dispositions suivantes sont applicables:

- sur un appareillage tripolaire, l'essai est effectué sur deux pôles voisins;
- dans le cas d'un appareillage à pôles séparés, l'essai peut être effectué soit sur deux pôles voisins, soit sur un seul pôle, le conducteur de retour étant alors placé à une distance égale à l'entre-phase. Si la distance entre pôles n'est pas fixée par construction, l'essai est effectué à la distance minimale indiquée par le constructeur;
- pour une tension assignée supérieure à 72,5 kV, et sauf spécification contraire dans les normes particulières, la position du conducteur de retour n'est pas à prendre en compte, mais en aucun cas il ne doit être placé à une distance du pôle en essai inférieure à la distance minimale indiquée par le constructeur pour l'entraxe de phases.

Les raccordements aux bornes de l'appareillage doivent être disposés de manière à éviter des contraintes anormales sur les bornes. La distance entre les bornes et les premiers supports des conducteurs de chaque côté de l'appareil de connexion doit être conforme aux indications du constructeur.

La disposition d'essai est indiquée dans le compte rendu d'essai.

6.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

La composante périodique du courant d'essai doit être en principe égale à la composante périodique du courant de courte durée admissible assigné (I_k) de l'appareillage. La valeur du courant de crête (pour un circuit triphasé, la valeur la plus élevée dans l'une des phases extrêmes) ne doit pas être inférieure à la valeur de crête du courant admissible assigné (I_p); elle ne doit pas la dépasser de plus de 5 % sans l'accord du constructeur.

Pour les essais triphasés, le courant dans une phase quelconque ne doit pas s'écarter de plus de 10 % de la moyenne des courants dans les trois phases. La moyenne des valeurs efficaces des composantes alternatives des courants d'essai ne doit pas être inférieure à la valeur assignée.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Main circuits and, where applicable, the earthing circuits of the switchgear and controlgear shall be subjected to a test to prove their ability to carry the rated peak withstand current and the rated short-time withstand current.

The test shall be made at the rated frequency with a tolerance of $\pm 10\%$ at any suitable voltage and starting at any convenient ambient temperature.

NOTE – For convenience of testing, wider tolerances of the rated frequency may be necessary. If the deviations are appreciable, i.e. when switchgear and controlgear rated for 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be taken in the interpretation of results.

6.6.1 Arrangement of the switchgear and controlgear and of the test circuit

The switchgear and controlgear shall be mounted on its own support or on an equivalent support and installed with its own operating device as far as necessary to make the test representative. It shall be in the closed position and fitted with clean contacts in new condition.

Each test shall be preceded by a no-load operation of the mechanical switching device and, with the exception of earthing switches, by measurement of the resistance of the main circuit.

The test may be made three-phase or single-phase. In the case of a single-phase test, the following shall apply:

- on a three-pole switchgear and controlgear, the test shall be made on two adjacent poles;
- in the case of switchgear and controlgear with separated poles, the test may be made either on two adjacent poles or on one pole with the return conductor at phase distance. If the distance between poles is not fixed by the design, the test shall be made at the minimum distance indicated by the manufacturer;
- above a rated voltage of 72,5 kV, unless otherwise specified in the relevant standards, the return conductor need not be taken into account, but in no case shall it be located closer to the tested pole than the minimum distance indicated for phase centres by the manufacturer.

The connections to the terminals of the switchgear and controlgear shall be arranged in such a way as to avoid unrealistic stressing of the terminals. The distance between the terminals and the nearest supports of the conductors on both sides of the switchgear and controlgear shall be in accordance with the instructions of the manufacturer.

The test arrangement shall be noted in the test report.

6.6.2 Test current and duration

The a.c. component of the test current shall, in principle, be equal to the a.c. component of the rated short-time withstand current (I_k) of the switchgear and controlgear. The peak current (for a three-phase circuit, the highest value in one of the outer phases) shall be not less than the rated peak withstand current (I_p) and shall not exceed it by more than 5 % without the consent of the manufacturer.

For three-phase tests, the current in any phase shall not vary from the average of the currents in the three phases by more than 10 %. The average of the r.m.s. values of the a.c. component of the test currents shall be not less than the rated value.

Le courant d'essai I_t doit, en principe, être appliqué pendant une durée t_t égale à la durée de court-circuit assigné t_k .

Si aucune autre méthode de détermination de la valeur de $I_t^2 t_t$ n'est disponible, elle doit être déterminée à partir de l'oscillogramme en utilisant la méthode d'évaluation de I_t donnée en annexe B. La valeur de $I_t^2 t_t$ ne doit pas être inférieure à la valeur de $I_k^2 t_k$ calculée avec les valeurs assignées du courant de courte durée (I_k) et de sa durée (t_k), et elle ne doit pas la dépasser de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

Toutefois, lorsque les caractéristiques de la station d'essais sont telles que les valeurs efficaces et de crête spécifiées ci-dessus pour le courant d'essai ne peuvent être obtenues au cours d'un essai de la durée spécifiée, les dérogations suivantes sont admises:

- a) si la décroissance du courant de court-circuit de la station d'essais est telle que la valeur efficace spécifiée, mesurée conformément à l'annexe B ou à un équivalent, ne peut être obtenue pendant la durée assignée sans appliquer initialement un courant trop élevé, il est admis que la valeur efficace du courant d'essai puisse tomber, pendant l'essai, au-dessous de la valeur spécifiée, et que la durée de l'essai soit augmentée en conséquence, pourvu que la valeur du courant de crête ne soit pas inférieure à celle spécifiée et que la durée ne dépasse pas 5 s;
- b) si, afin d'obtenir le courant de crête exigé, la valeur efficace de courant doit dépasser la valeur spécifiée, la durée d'essai peut être réduite en conséquence;
- c) si ni a) ni b) ne sont applicables, il est admis de séparer l'essai à la valeur de crête du courant admissible de l'essai au courant de courte durée admissible. Dans ce cas, deux essais sont effectués:
 - pour l'essai à la valeur de crête du courant admissible, la durée d'application du courant de court-circuit ne doit pas être inférieure à 0,3 s;
 - pour l'essai au courant de courte durée admissible, la durée d'application du courant de court-circuit doit être égale à la durée assignée. Toutefois, une dérogation sur la durée est admise selon les indications du point a).

6.6.3 Comportement de l'appareillage au cours de l'essai

Tous les appareillages doivent être capables de supporter leur valeur de crête du courant admissible et leur courant de courte durée admissible assignés sans qu'aucune partie mécanique ne soit endommagée et sans que les contacts ne se séparent.

Il est admis que, pendant l'essai, l'échauffement des pièces traversées par le courant et des pièces voisines puisse dépasser les limites spécifiées dans le tableau 3. Aucune limite d'échauffement n'est spécifiée pour les essais au courant de courte durée admissible, mais il convient que la température maximale n'atteigne pas une valeur telle qu'elle puisse causer un préjudice aux pièces voisines.

6.6.4 Etat de l'appareillage après l'essai

Après l'essai, l'appareillage ne doit pas présenter de détérioration notable; il doit pouvoir fonctionner normalement, supporter son courant assigné en service continu sans que les limites d'échauffement spécifiées dans le tableau 3 soient dépassées, et supporter les tensions spécifiées pour les essais diélectriques.

Si l'appareillage a un pouvoir de fermeture et/ou de coupure, l'état des contacts doit être tel qu'il n'affecte pas sensiblement le fonctionnement à toute valeur de pouvoir de fermeture et/ou de coupure jusqu'aux valeurs assignées.

The test current I_t shall in principle be applied for a time t_t equal to the rated duration t_k of short circuit.

If no other method to determine the value $I_t^2 t_t$ is available, then it shall be determined from the oscillogram using the method of evaluating I_t given in annex B. The value of $I_t^2 t_t$ on test shall be not less than the value of $I_k^2 t_k$ calculated from the rated short-time current (I_k) and the rated duration of short circuit (t_k), and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

When, however, the characteristics of the test plant are such that the peak and r.m.s. values of test current specified above cannot be obtained in a test of the specified duration, the following deviations are permitted:

- a) if the decrement of the short-circuit current of the test plant is such that the specified r.m.s. value, measured in accordance with annex B or by an equivalent cannot be obtained for the rated duration without applying initially an excessively high current, the r.m.s. value of the test current may be permitted to fall below the specified value during the test and the duration of the test may be increased appropriately, provided that the value of the peak current is not less than that specified and the time is not more than 5 s;
- b) if, in order to obtain the required peak current, the r.m.s. value of the current is increased above the specified value, the duration of the test may be reduced accordingly;
- c) if neither a) nor b) is practicable, separation of the peak withstand current test and the short-time withstand current test is permissible. In this case two tests are made:
 - for the peak withstand current test, the time during which the short-circuit current is applied shall be not less than 0,3 s;
 - for the short-time withstand current test, the time during which the short-circuit current is applied shall be equal to the rated duration. However, deviation in time according to item a) is permitted.

6.6.3 Behaviour of switchgear and controlgear during test

All switchgear and controlgear shall be capable of carrying their rated peak withstand current and their rated short-time withstand current without causing mechanical damage to any part or separation of the contacts.

It is recognized that, during the test, the temperature rise of current-carrying and adjacent parts of the mechanical switching device may exceed the limits specified in table 3. No temperature-rise limits are specified for the short-time current withstand tests but the maximum temperature reached should not be sufficient to cause significant damage to adjacent parts.

6.6.4 Conditions of switchgear and controlgear after test

After the test, the switchgear and controlgear shall not show significant deterioration, shall be capable of operating normally, carrying its rated normal current continuously without exceeding the temperature-rise limits specified in table 3 and withstanding the voltage specified under dielectric tests.

If the mechanical switching device has a rated making and/or breaking capacity, then the condition of the contacts shall not be such as to affect the performance materially at any making and/or breaking current up to its rated value.

Ce qui suit suffit pour vérifier ces exigences:

- a) une manoeuvre à vide de l'appareil mécanique de connexion doit être effectuée aussitôt après l'essai, et les contacts doivent s'ouvrir dès la première tentative;
- b) deuxièmement, la résistance du circuit principal doit être mesurée selon 6.4.1 (sauf pour les sectionneurs de terre). Si la résistance a augmenté de plus de 20 %, et s'il n'est pas possible de confirmer l'état des contacts par inspection visuelle, un essai d'échauffement supplémentaire peut être approprié.

6.7 Vérification de la protection

6.7.1 Vérification de la codification IP

Selon les exigences des articles 11, 12, 13 et 15 de la CEI 529, des essais doivent être effectués sur les enveloppes de l'appareillage complètement assemblé comme en service. Comme les raccordements de câble pénétrant dans l'enveloppe ne sont pas normalement faits pour les essais de type, des pièces d'obturation correspondantes devront être utilisées. Les unités de transport d'appareillage doivent être fermées pour les essais par des couvercles donnant une qualité de protection identique des joints.

Cependant, les essais ne doivent être effectués que s'il y a un doute au sujet de la conformité à ces exigences, dans chaque position des parties concernées selon ce qui est estimé nécessaire.

Lorsque la lettre supplémentaire W est utilisée, la méthode d'essai de l'annexe C est recommandée.

6.7.2 Essais aux impacts mécaniques

Lorsque le constructeur et l'utilisateur sont d'accord, les enveloppes pour installations à l'intérieur doivent être soumises à un essai d'impact. Trois coups sont appliqués aux endroits de l'enveloppe susceptibles d'être les plus fragiles. Les dispositifs tels que relais, appareils de mesure, etc., sont exclus.

La tête de frappe du marteau d'essai a une face hémisphérique de rayon 25 mm en acier de dureté Rockwell R100. L'utilisation du marteau à ressort défini par la CEI 68-2-63 est recommandée.

Après l'essai, l'enveloppe ne doit présenter aucune cassure et sa déformation ne doit pas gêner le fonctionnement normal du matériel, ni réduire les distances d'isolement ou les lignes de fuite, ni réduire le degré de protection spécifié contre l'accès aux parties dangereuses au-dessous des valeurs permises. On peut négliger les détériorations superficielles telles l'enlèvement de la peinture, la casse de nervures de refroidissement ou de parties similaires, ou des enfoncements de petites dimensions.

Cependant, les essais ne doivent être effectués que s'il y a un doute au sujet de la conformité à ces exigences, dans chaque position des parties concernées selon ce qui est estimé nécessaire.

Pour l'installation à l'extérieur, l'essai doit être convenu par accord entre constructeur et utilisateur.

6.8 Essais d'étanchéité

L'objet des essais d'étanchéité est de démontrer que le taux de fuite absolu F , n'excède pas la valeur spécifiée du taux de fuite admissible F_p .

The following is sufficient to check these requirements:

- a) a no-load operation of the mechanical switching device shall be performed immediately after the test, and the contacts shall open at the first attempt;
- b) secondly, the resistance of the main circuit shall be measured according to 6.4.1 (except for earthing switches). If the resistance has increased by more than 20 %, and if it is not possible to confirm the condition of the contacts by visual inspection, it may be appropriate to perform an additional temperature-rise test.

6.7 *Verification of the protection*

6.7.1 *Verification of the IP coding*

In accordance with the requirements specified in clauses 11, 12, 13 and 15 of IEC 529, tests shall be performed on the enclosures of switchgear and controlgear fully assembled as under service conditions. As real cable connections entering the enclosures are not normally installed for type tests, corresponding filler pieces shall be used. Transport units of switchgear shall be closed for the tests by covers providing identical protection qualities as for the joints.

The tests shall, however, be made only if there are doubts regarding the compliance with these requirements, in each position of the relevant parts as deemed necessary.

When the supplementary letter W is used, a recommended test method is given in annex C.

6.7.2 *Mechanical impact test*

When agreed between manufacturer and user, enclosures for indoor installation shall be subjected to an impact test. Three blows are applied to points of the enclosure that are likely to be the weakest points of each enclosure. Devices such as relays, meters, etc., are excepted.

The hammer head with which the impact is applied has a hemispherical face with a radius of 25 mm of steel having a Rockwell hardness of R100. The use of a spring-operated impact test apparatus as defined in IEC 68-2-63 is recommended.

After the test, the enclosure shall show no breaks and the deformation of the enclosure shall not affect the normal function of the equipment, reduce the insulating and/or creepage distances or reduce the specified degree of protection against access to hazardous parts below the permitted values. Superficial damage, such as removal of paint, breaking of cooling ribs or of similar parts, or depression of small dimension can be ignored.

The tests shall, however, be made only if there are doubts regarding the compliance with these requirements, in each position of the relevant parts as deemed necessary.

For outdoor installation, the test should be agreed between manufacturer and user.

6.8 *Tightness tests*

The purpose of tightness tests is to demonstrate that the absolute leakage rate F does not exceed the specified value of the permissible leakage rate F_p .

Dans la mesure du possible, il convient que les essais soient effectués sur un système complet à p_{re} (ou p_{re}). Quand cela n'est pas pratique, les essais peuvent être effectués sur des pièces, composants ou sous-ensembles. Dans ces conditions le taux de fuite du système complet doit être déterminé par addition des taux de fuite des composants en utilisant le tableau de coordination d'étanchéité TC (voir annexe E). Les fuites éventuelles entre sous-ensembles à différentes pressions doivent également être prises en compte.

L'essai d'étanchéité de l'appareillage contenant un appareil mécanique de connexion doit être effectué dans les positions de fermeture et d'ouverture de l'appareil, sauf si le taux de fuite est indépendant de la position des contacts principaux.

En général, seules des mesures de fuite par accumulation permettent de calculer le taux de fuite.

Il convient que le rapport d'essai de type comprenne des informations telles que:

- une description de l'objet en essai, comprenant son volume interne et la nature du gaz ou du liquide de remplissage;
- si l'objet en essai est dans la position de fermeture ou d'ouverture (s'il y a lieu), les températures et pressions enregistrées au début et à la fin de l'essai, ainsi que le nombre de compléments de remplissage (si nécessaire);
- les réglages de fonctionnement du dispositif de commande ou de surveillance de la pression (ou de la masse volumique) à pression croissante et décroissante;
- une indication de l'étalonnage des appareils de mesure utilisés pour détecter les fuites;
- les résultats des mesures;
- s'il y a lieu, le gaz d'essai et le facteur de conversion utilisé pour estimer les résultats.

Les essais d'étanchéité doivent être effectués en coordination avec les essais demandés dans les normes applicables, c'est-à-dire habituellement avant et après l'essai de fonctionnement mécanique, ou pendant les essais de manoeuvre aux températures extrêmes.

Un taux de fuite accru pendant les essais aux températures extrêmes (si ces essais sont imposés par les normes applicables) est acceptable, à condition que ce taux reprenne une valeur ne dépassant pas la valeur maximale admissible lorsque la température est revenue à la température normale de l'air ambiant. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder les valeurs indiquées dans le tableau 12.

En général, il est fait référence à la CEI 68-2-17 pour l'application d'une méthode d'essai adéquate.

Tableau 12 – Taux de fuite temporairement admissibles pour les systèmes à gaz

Classe de température °C	Taux de fuite temporairement admissible
+40 et +50	$3F_p$
température ambiante	F_p
–5 / –10 / –15 / –25 / –40	$3F_p$
–50	$6F_p$

Where possible, the tests should be performed on a complete system at p_{re} (or ρ_{re}). If this is not practical, the tests may be performed on parts, components or sub-assemblies. In such cases, the leakage rate of the total system shall be determined by summation of the component leakage rates using the tightness coordination chart TC (see annex E). The possible leakages between sub-assemblies of different pressures shall also be taken into account.

The tightness test of switchgear and controlgear containing a mechanical switching device shall be performed both in the closed and open position of the device, unless the leakage rate is independent of the position of the main contacts.

In general, only cumulative leakage measurements allow calculation of leakage rates.

The type test report should include such information as:

- a description of the object under test, including its internal volume and the nature of the filling gas or liquid;
- whether the object under test is in the closed or open position (if applicable);
- the pressures and temperatures recorded at the beginning and end of the test and the number of replenishments (if any needed);
- the cut-in and cut-off pressure settings of the pressure (or density) control or monitoring device;
- an indication of the calibration of the meters used to detect leakage rates;
- the results of the measurements;
- if applicable, the test gas and the conversion factor to assess the results.

The tightness tests shall be performed in connection with the tests required in the relevant standards, typically before and after the mechanical operation test or during the operation tests at extreme temperatures.

An increased leakage rate at extreme temperatures (if such tests are required in the relevant standards) is acceptable, provided that this rate resets to a value not higher than the maximum permissible value at normal ambient air temperature. The increased temporary leakage rate shall not exceed the values given in table 12.

In general, for the application of an adequate test method, reference is made to IEC 68-2-17.

Table 12 – Permissible temporary leakage rates for gas systems

Temperature class °C	Permissible temporary leakage rate
+40 and +50	$3F_p$
ambient temperature	F_p
–5 / –10 / –15 / –25 / –40	$3F_p$
–50	$6F_p$

6.8.1 Système à pression de gaz entretenue

Le taux de fuite relatif F_{rel} doit être vérifié en mesurant la baisse de pression Δp pendant une durée t suffisamment longue pour en permettre la détermination (dans la gamme de pressions située entre les pressions de remplissage et de complément de remplissage). Il convient d'effectuer une correction pour tenir compte de la variation de la température de l'air ambiant. Pendant cette durée, le dispositif de remplissage doit être hors service.

$$F_{\text{rel}} = \frac{\Delta p}{p_t} \times \frac{24}{t} \times 100 \text{ (\% par jour)}$$

$$N = \frac{\Delta p}{p_r - p_m} \times \frac{24}{t}$$

où t est la durée de l'essai (heures).

NOTE – Pour maintenir la linéarité des formules, il convient que Δp soit du même ordre de grandeur que $p_r - p_m$. On peut aussi mesurer directement le nombre de compléments de remplissage par jour.

6.8.2 Système à gaz à pression autonome

Etant donné les taux de fuite relativement faibles de ces systèmes, les mesures de baisse de pression ne sont pas applicables. D'autres méthodes (des exemples sont donnés en annexe E) peuvent être employées pour mesurer le taux de fuite F , qui permet, avec le tableau de coordination des étanchéités TC, de calculer:

- le taux de fuite relatif F_{rel} ;
- l'intervalle T entre compléments de remplissage (hors températures extrêmes ou grande cadence de manoeuvres).

En général, l'essai Qm (voir CEI 68-2-17) représente une méthode pertinente pour déterminer les fuites des systèmes à gaz.

Si l'objet en essai est rempli avec un gaz d'essai différent du gaz utilisé en service et/ou à une pression différente de la pression normale de service, des facteurs de correction définis par le constructeur doivent être utilisés pour les calculs.

Etant donné qu'il y a des problèmes de mesures durant les essais à basse et haute températures, on peut alors réaliser les essais à température ambiante avant et après les essais aux températures extrêmes pour déterminer si un changement est intervenu.

Puisqu'en pratique les mesures de taux de fuite peuvent avoir une imprécision de $\pm 50 \%$, l'essai d'étanchéité est considéré comme réussi lorsque les valeurs indiquées au tableau 12 sont atteintes dans la limite de $\pm 50 \%$. Cette imprécision de mesure doit être prise en compte pour le calcul de la durée entre compléments de remplissage.

6.8.3 Systèmes à pression scellés

a) Appareillage à gaz

Les essais d'étanchéité de tels appareillages sont effectués dans le but de déterminer leur durée de vie escomptée.

Les essais doivent être effectués selon 6.8.2.

b) Appareillage à vide

Le niveau de vide doit être mesuré deux fois, sans manoeuvrer l'ampoule, avec un intervalle de temps tel que le taux de variation du vide puisse être clairement établi.

6.8.1 Controlled pressure systems for gas

The relative leakage rate F_{rel} shall be checked by measuring the pressure drop Δp over a time period, t that is of sufficient length to permit a determination of the pressure drop (within the filling and replenishing pressure range). A correction should be made to take into account the variation of ambient air temperature. During this period the replenishment device shall be inoperative.

$$F_{\text{rel}} = \frac{\Delta p}{p_t} \times \frac{24}{t} \times 100 \text{ (\% per day)}$$

$$N = \frac{\Delta p}{p_r - p_m} \times \frac{24}{t}$$

where t is the test duration (hours).

NOTE – In order to maintain the linearity of the formula, Δp should be of the same order of magnitude as $p_r - p_m$. Alternatively, the number of replenishment operations per day may be measured directly.

6.8.2 Closed pressure systems for gas

Due to comparatively small leakage rates of these systems, pressure drop measurements are not applicable. Other methods (examples are given in annex E) may be used to measure the leakage rate F , which allows in combination with the tightness coordination chart TC, allows one to calculate:

- the relative leakage rate F_{rel} ;
- the time between replenishments T (outside extreme conditions of temperature or frequency of operations).

In general the test Qm (see IEC 68-2-17) represents an adequate method to determine leakages in gas systems.

If the test object is filled with a test gas different from the gas used in service and/or at a test pressure different from the normal operating pressure, corrective factors defined by the manufacturer shall be used for calculations.

Since metering difficulties occur during low and high temperature tests, the procedure used may be to perform the tightness test at ambient temperature before and after the low and high temperature tests to determine if there has been a change.

Since leakage rate measurements in practice may have an inaccuracy of $\pm 50 \%$, the tightness test is considered to be successful when the stated values of table 12 are achieved within the limits of $\pm 50 \%$. This inaccuracy of measurement shall be taken into account when calculating the period of time between replenishments.

6.8.3 Sealed pressure systems

a) Switchgear using gas

Tightness tests on such switchgear and controlgear are performed in order to determine the expected operating life for the sealed pressure system.

The tests shall be performed according to 6.8.2.

b) Vacuum switchgear

The vacuum level shall be measured twice without operation of the vacuum tube, with a time interval such that the rate of vacuum pressure variation can be properly assessed.

Ce taux doit être tel que le niveau de vide ne puisse atteindre le seuil maximal admissible durant sa durée de vie escomptée. L'intervalle de temps minimal dépend de la taille de l'ampoule et de la sensibilité de la méthode d'essai.

NOTE – Un intervalle de temps de quatre semaines est généralement considéré comme acceptable.

La méthode choisie pour mesurer le vide doit être calibrée pour chaque type d'ampoule à vide. Ceci peut être fait en appliquant la méthode d'essai en même temps qu'une mesure conventionnelle de vide avant de sceller l'ampoule. La précision de l'évaluation doit être établie en répétant les mesurages.

6.8.4 Essais d'étanchéité au liquide

Le but des essais d'étanchéité est de démontrer que le taux de fuite total du système F_{liq} ne dépasse pas la valeur spécifiée $F_{p(liq)}$.

L'objet en essai doit être dans ses conditions de service, avec tous ses accessoires et son fluide normal, installé autant que possible comme en service (chassis, fixations).

Les essais d'étanchéité doivent être effectués en coordination avec les essais demandés par les normes applicables, c'est-à-dire habituellement avant et après l'essai de fonctionnement mécanique, pendant les essais de manoeuvres aux températures extrêmes, ou avant et après les essais d'échauffement.

Une augmentation du taux de fuite aux températures extrêmes (si ces essais sont demandés par les normes applicables) et/ou pendant les manoeuvres est acceptable, pourvu que ce taux revienne à la valeur initiale lorsque la température revient à la température de l'air ambiant et/ou après que les manoeuvres soient effectuées. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas compromettre le bon fonctionnement de l'appareillage.

L'appareillage doit être observé pendant une durée suffisante pour déterminer une fuite éventuelle ou la baisse de pression Δp . Les calculs indiqués en 6.8.1 sont alors valables.

NOTE – Il est possible d'utiliser, pour l'essai, des liquides différents de ceux qui sont utilisés en service ou du gaz, mais le constructeur doit en fournir la justification.

Le rapport d'essai comprend en principe les informations suivantes:

- une description générale de l'objet en essai;
- le nombre de manoeuvres effectuées;
- la nature et la ou les pressions du liquide;
- la température ambiante pendant l'essai;
- les résultats d'essai avec l'appareil en position de fermeture et d'ouverture (s'il y a lieu).

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Les prescriptions et les essais CEM sont seulement spécifiés pour les systèmes secondaires.

Pour les circuits principaux de l'appareillage en fonctionnement normal, sans manoeuvre d'appareils, le niveau d'émission est vérifié par des essais de tension de perturbation radioélectrique, voir 6.3.

This rate shall be such that the vacuum pressure level will not reach the maximum acceptable threshold during its expected operating life. The minimum time interval depends on the size of the vacuum tube and the sensitivity of the testing method.

NOTE – Generally, a time interval of four weeks is considered acceptable.

The chosen method for measuring the vacuum shall be calibrated for each type of vacuum tube. This can be done by applying the test method simultaneously with a conventional vacuum pressure measurement before sealing a sample unit. The accuracy of the evaluation shall be established by repeating the measurements.

6.8.4 Liquid tightness tests

The purpose of tightness tests is to demonstrate that the total system leakage rate F_{liq} does not exceed the specified value $F_{p(liq)}$.

The object under test shall be as in service conditions with all its accessories and its normal fluid, mounted as close as possible as in service (framework, fixing).

The tightness tests shall be performed in connection with the tests required in the relevant standards, typically before and after the mechanical operation test, during the operation tests at extreme temperatures or before and after the temperature-rise tests.

An increased leakage rate at extreme temperatures (if such tests are required in the relevant standards) and/or during operations is acceptable, provided that this rate resets to the initial value after the temperature is returned to normal ambient air temperature and/or after the operations are performed. The increased temporary leakage rate shall not impair the safe operation of the switchgear and controlgear.

The switchgear shall be observed over a period sufficient to determine a possible leak or the pressure drop Δp . In this case, the calculations given in 6.8.1 are valid.

NOTE – Using liquids different from those in service or gas for the test is possible but requires justification by the manufacturer.

The test report should include such information as:

- a general description of the object under test;
- the number of operations performed;
- the nature and pressure(s) of the liquid;
- the ambient air temperature during test;
- the results with the switchgear device in closed and in open position (where applicable).

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

EMC requirements and tests are specified only for secondary systems.

For main circuit of switchgear and controlgear in normal operation, without switching operations, the emission level is verified by means of the radio interference voltage test, see 6.3.

Les émissions causées par des manoeuvres d'appareils, incluant l'interruption des courants de défaut sont fortuites.

La fréquence et le niveau de telles émissions sont considérés comme faisant partie de l'environnement électromagnétique normal.

Pour les systèmes secondaires de l'appareillage, les prescriptions et les essais CEM spécifiés dans la présente norme prévalent sur les autres spécifications CEM.

6.9.1 Essais d'émission des systèmes secondaires

L'appareillage électronique faisant partie du système secondaire doit satisfaire aux prescriptions relatives à l'émission, définies dans la CISPR 11. Aucun autre essai n'est spécifié.

6.9.2 Essais d'immunité des systèmes secondaires

Les systèmes secondaires de l'appareillage doivent être soumis aux essais d'immunité électromagnétique s'ils possèdent des matériels ou des composants électroniques. Dans les autres cas aucun essai n'est requis.

Les essais d'immunité suivants sont spécifiés:

- essai de tension de choc (voir 6.9.4). C'est un essai de tenue qui simule l'effet d'impulsions à haute énergie;
- essais aux transitoires rapides en salves (voir 6.9.5). Cet essai simule les contraintes engendrées par les manoeuvres dans le circuit secondaire;
- essai d'immunité aux ondes oscillatoires (voir 6.9.6). Cet essai simule les contraintes engendrées par les manoeuvres dans le circuit principal.

NOTE – D'autres essais d'immunité CEM existent, mais ne sont pas requis dans ce cas. Des essais de décharge électrostatique (ESD) sont généralement requis pour les équipements électroniques, et n'ont pas besoin d'être répétés sur le système secondaire complet. Les essais d'immunité au champ magnétique et au champ électromagnétique rayonnés ne sont considérés utiles que dans certains cas. Une compilation des essais d'immunité CEM est donnée dans la CEI 1000-4-1.

Exemple de cas spécial:

- Des dispositifs électroniques installés au voisinage immédiat des jeux de barres d'un appareillage sous enveloppe métallique peut subir l'influence de champs magnétiques. Des dispositions supplémentaires peuvent alors être nécessaires pour assurer la compatibilité électromagnétique.

6.9.3 Recommandations pour les essais d'immunité

Il convient que les essais d'immunité électromagnétique soient réalisés sur les systèmes secondaires complets. Il est admis que de tels essais, effectués sur un système secondaire représentatif, vérifient le bon fonctionnement de systèmes secondaires semblables appartenant à la même gamme d'appareillage. Il est cependant aussi permis de faire des essais séparés sur les sous-ensembles principaux qui contiennent des équipements électroniques dans une configuration réelle.

NOTE – Une modification mineure du système secondaire telle qu'une modification de la filerie peut changer les propriétés relatives aux perturbations à haute fréquence.

La tension d'essai doit être appliquée seulement sur l'interface externe du système secondaire ou du sous-ensemble essayé.

S'il n'y a pas d'interface externe, c'est-à-dire si le système secondaire est totalement intégré dans l'appareillage, la tension d'essai doit être appliquée sur des bornes adéquates à l'intérieur du système secondaire. Ces bornes doivent être choisies par le constructeur.

Emission caused by switching operations, including interruption of fault currents, is incidental.

The frequency and level of such emission are considered to be part of the normal electromagnetic environment.

For secondary systems of switchgear and controlgear, the EMC requirements and tests specified in this standard have precedence over other EMC specifications.

6.9.1 *Emission tests on secondary systems*

Electronic equipment, which is part of the secondary system, shall fulfil the requirements with regard to emission, as defined in CISPR 11. No other tests are specified.

6.9.2 *Immunity tests on secondary systems*

Secondary systems of switchgear and controlgear shall be subjected to electromagnetic immunity tests if they include electronic equipment or components. In other cases no tests are required.

The following immunity tests are specified:

- impulse voltage test (see 6.9.4). The test is a withstand test and simulates the effect of high energy impulses;
- electrical fast transient/burst test (see 6.9.5). The test simulates the conditions caused by switching in the secondary circuit;
- oscillatory wave immunity test (see 6.9.6). The test simulates the conditions caused by switching in the main circuit.

NOTE – Other EMC immunity tests do exist, but are not specified in this case. Electrostatic discharge (ESD) tests are normally required on electronic equipment, and need not be repeated on complete secondary systems. Radiated field and magnetic field tests are considered to be relevant only in special cases. A compilation of EMC immunity tests is given in IEC 1000-4-1.

Example of a special case:

- Electronic devices placed in close vicinity of the busbars of a metal enclose switchgear, may be influenced by magnetic fields. Supplementary arrangements may then be made in order to ensure electromagnetic compatibility.

6.9.3 *Guidelines for immunity tests*

Electromagnetic immunity tests should preferably be made on complete secondary systems. Such tests, made on a representative secondary system, are considered to verify the proper function of similar secondary systems belonging to the same range of switchgear or controlgear equipment. It is however also permissible to make separate tests on those major sub-assemblies that contain electronic equipment, in a realistic configuration.

NOTE – Even a moderate modification of the secondary system, such as a change of the cable layout, may change the properties in respect of high-frequency disturbances.

Test voltage shall be applied only to the external interface of the secondary system or tested sub-assembly.

If there is no external interface, i.e. if the secondary system is totally integrated into the switchgear or controlgear, test voltage shall be applied to suitable terminals within the secondary system. Such terminals shall be chosen by the manufacturer.

6.9.4 Essai de tension de choc

Un essai de tension de choc doit être réalisé en accord avec l'article 8 de la CEI 255-5.

La valeur de la tension crête de choc doit être 5 kV. La tension d'essai doit être appliquée comme indiqué en 6.2.10 pour l'essai de tenue à fréquence industrielle.

6.9.5 Essai aux transitoires rapides en salves

Un essai d'impulsions électriques à fréquence élevée doit être effectué en accord avec la CEI 1000-4-4. La valeur de la tension d'essai doit être 2 kV.

6.9.6 Essai d'immunité aux ondes oscillatoires

Un essai d'immunité aux ondes oscillatoires amorties doit être réalisé, avec la forme et la durée de la tension d'essai en accord avec la CEI 1000-4-12.

Les essais d'onde oscillante amortie doivent être effectués aux fréquences suivantes avec une tolérance de $\pm 30\%$:

- pour les systèmes secondaires de l'appareillage à isolation gazeuse: 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz et 50 MHz;
- dans les autres cas: 100 kHz et 1 MHz.

Les essais doivent être effectués en mode commun et en mode différentiel. Pour les essais en mode commun, la valeur de la tension d'essai doit être 2,5 kV. Pour les essais en mode différentiel, la valeur de la tension d'essai doit être 1,0 kV.

NOTE – Les manoeuvres de sectionneurs dans les postes à isolation gazeuse peuvent créer des surtensions à front extrêmement raide. C'est la raison des essais à fréquence 10 MHz et 50 MHz pour ces postes. Les procédures d'essais pour ces fréquences sont à l'étude par le SC 77B.

6.9.7 Comportement des systèmes secondaires pendant et après les essais

Les systèmes secondaires doivent supporter chacun des essais spécifiés de 6.9.1 à 6.9.6 sans dommage permanent. Après essais, ils doivent être entièrement opérationnels. Des pertes temporaires d'une partie de la fonction sont permises pendant les essais aux transitoires rapides en salves et pendant les essais d'immunité aux ondes oscillatoires en accord avec le tableau 13.

6.9.4 *Impulse voltage test*

An impulse voltage test shall be performed in accordance with clause 8 of IEC 255-5.

The impulse voltage peak shall be 5 kV. The test voltage shall be applied in the same way as outlined in 6.2.10 for the power-frequency voltage withstand test.

6.9.5 *Electrical fast transient/burst test*

An electrical fast transient/burst test shall be performed in accordance with IEC 1000-4-4. The test voltage shall be 2 kV.

6.9.6 *Oscillatory wave immunity test*

An oscillatory wave immunity test shall be performed, with shape and duration of the test voltage in accordance with IEC 1000-4-12.

Damped oscillatory wave tests shall be made at the following frequencies, with a tolerance of $\pm 30\%$:

- for secondary systems of GIS-equipment: 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz, 50 MHz;
- in all other cases: 100 kHz and 1 MHz.

Tests shall be made for both common and differential mode. For the common mode tests the voltage shall be 2,5 kV, and for the differential mode tests it shall be 1,0 kV.

NOTE – Disconnecter operations in GIS may create surges with extremely steep wave fronts. That is the reason for the test frequencies 10 MHz and 50 MHz for GIS. Test procedures for these frequencies are under consideration by SC 77B.

6.9.7 *Behaviour of the secondary equipment during and after tests*

The secondary system shall withstand each of the tests specified in 6.9.4 to 6.9.6 without permanent damage. After the tests it shall still be fully operative. Temporary loss of parts of the functionality is permitted at the electrical fast transient/burst test and at the oscillatory wave immunity test according to table 13.

Tableau 13 – Critères d'évaluation pour les essais d'immunité aux perturbations transitoires

Fonction	Critère
Contrôle et commande	1
Mesure	2
Comptage	1
Transmission de données	2
Protection du stockage d'informations et de données	1
Fonctionnement	en service 1
	hors ligne 3
Surveillance	2
Interface homme-machine	3
Auto-diagnostic	2
Critères des niveaux de sévérité recommandés selon la CEI 1000-4-1: 1 Fonctionnement normal dans les limites spécifiées 2 Dégradation temporaire ou perte auto-régénératrice de fonction ou de caractéristique 3 Dégradation temporaire ou perte de fonction ou de caractéristique exigeant une intervention manuelle ou un réarmement du système 4 Dégradation ou perte de fonction irréversible, due à une dégradation du matériel (composants) ou du logiciel, ou perte de données.	

6.9.8 Mesurages de la CEM sur site

Des mesurages sur site peuvent être réalisés pour enregistrer les tensions électromagnétiques induites dans un système secondaire, dues aux manoeuvres dans le circuit principal et dans le système secondaire. De tels mesurages ne sont pas des essais de type mais peuvent être réalisés pour vérifier le fonctionnement correct du système, ou pour évaluer l'environnement électromagnétique afin d'appliquer une méthode d'installation permettant d'atténuer les perturbations électromagnétiques, si nécessaire.

Il n'est pas jugé nécessaire d'essayer tous les systèmes secondaires du poste considéré. Une configuration typique peut être choisie.

La mesure des tensions induites sera réalisée aux bornes de sortie représentatives à l'interface entre le système secondaire et le réseau, par exemple aux bornes d'entrée de l'armoire de commande, sans déconnecter le système. L'étendue du système secondaire est décrite en 5.18. Les enregistreurs de tensions induites doivent être conformes à la CEI 816.

Il convient que les manoeuvres soient effectuées à tension normale de service aussi bien dans le circuit principal que dans le système secondaire. Les tensions induites varieront statistiquement et il convient qu'un nombre représentatif d'ouvertures et de fermetures soit choisi, avec des instants de manoeuvre aléatoires.

Les manoeuvres dans le circuit principal doivent être effectuées à vide. Les essais comprendront des manoeuvres de parties du poste, mais sans courant de charge ni de défaut.

Table 13 – Assessment criteria for transient disturbance immunity tests

Function	Criterion	
Command and control	1	
Measurement	2	
Counting	1	
Data transmission	2	
Information and data storage protection	1	
Processing	on line	1
	off line	3
Monitoring	2	
Man-machine interface	3	
Self-diagnostic	2	
Criteria of recommended severity level according to IEC 1000-4-1:		
1 Normal performance within the specification limits		
2 Temporary degradation or loss of function or performance which is self-recoverable		
3 Temporary degradation or loss of function or performance requiring operator intervention or system reset		
4 Degradation or loss of function which is not recoverable, due to damage of equipment (components) or software, or loss of data.		

6.9.8 Electromagnetic compatibility site measurements

Site measurements may be performed to record electromagnetically induced voltages in a secondary system, due to switching operations both in the main circuit and in the secondary system. Such measurements are not type tests, but may be performed in order to verify the correct performance of the system, or to evaluate the electromagnetic environment in order to apply proper mitigation methods, if necessary.

It is not considered necessary to test all secondary systems in a substation under consideration. A typical configuration should be chosen.

Measurement of the induced voltages are to be made at representative ports in the interface between the secondary system and the surrounding network, for example, at the input terminals of control cubicles, without disconnection of the system. The extension of the secondary system is described in 5.18. Instrumentation for recording of induced voltages should be connected as outlined in IEC 816.

Switching operations should be carried out at normal operating voltage, both in the main circuit and in the secondary system. Induced voltages will vary statistically, and thus a representative number of both making and breaking operations should be chosen, with random operating instants.

The switching operations in the main circuit are to be made under no-load conditions. The tests will thus include switching of parts of the substation, but no switching of load currents and no fault currents.

Il convient que les manoeuvres de fermeture dans les circuits principaux soient réalisées avec une charge résiduelle sur le côté aval correspondant à la tension normale de manoeuvre. Cette condition pouvant être difficile à réaliser au cours des essais, la procédure d'essai peut aussi être la suivante:

- décharger le côté aval avant la fermeture pour s'assurer que la tension de la charge résiduelle est nulle;
- multiplier la valeur de tension enregistrée à la fermeture par 2, pour simuler le cas d'une charge piégée sur le côté aval.

L'appareil de connexion dans le circuit principal doit être manoeuvré de préférence à la pression assignée et à la tension auxiliaire assignée.

NOTES

- 1 Les cas les plus sévères, en ce qui concerne les tensions induites, se produisent habituellement quand seule une petite partie du poste est manoeuvrée.
- 2 Les perturbations électromagnétiques les plus sévères sont supposées se produire pendant la manoeuvre des sectionneurs, principalement pour les postes à isolation gazeuse.

Il convient que la valeur crête de la tension induite enregistrée ne dépasse pas 1,6 kV.

La note 2 de 5.18 donne des recommandations pour l'amélioration de la compatibilité électromagnétique.

7 Essais individuels de série

Les essais individuels de série ont pour but de révéler des défauts dans les matériaux ou la construction. Ils ne diminuent pas les propriétés et la fiabilité d'un appareil soumis aux essais. Les essais individuels de série doivent être effectués sur chaque appareil fabriqué, chez le constructeur chaque fois que cela est pratique, pour s'assurer que le produit est conforme au matériel qui a réussi les essais de type. Par accord, tout essai individuel peut être effectué au lieu d'installation.

Les essais individuels de série indiqués dans cette norme comprennent:

- a) des essais diélectriques du circuit principal, conformément à 7.1;
- b) des essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande, conformément à 7.2;
- c) le mesurage de la résistance du circuit principal, conformément à 7.3;
- d) l'essai d'étanchéité, conformément à 7.4;
- e) les contrôles visuels et du modèle, conformément à 7.5.

Des essais individuels de série complémentaires peuvent être nécessaires et sont à spécifier dans les normes particulières de la CEI.

Lorsque l'appareillage n'est pas complètement assemblé pour le transport, des essais séparés doivent être effectués sur chaque unité de transport. Dans ce cas, le constructeur doit démontrer la validité de son essai (exemple: taux de fuite, tension d'essai, résistance d'une partie du circuit principal).

Les comptes rendus des essais individuels de série ne sont normalement pas nécessaires, à moins qu'il n'en ait été décidé autrement entre le constructeur et l'utilisateur.

The making operations in the main circuit should be performed with trapped charge on the load side corresponding to normal operating voltage. This condition may be difficult to obtain at testing and, as an alternative, the test procedure may be as follows:

- discharge the load side before the making operation, to assure that the trapped charge is zero;
- multiply recorded voltage values at the making operation by 2, in order to simulate the case with trapped charge on load side.

The switching device in the primary system shall preferably be operated at rated pressure and auxiliary voltage.

NOTES

- 1 The most severe cases, with regard to induced voltages, will normally occur when only a small part of a substation is switched.
- 2 Especially for GIS installations, the most severe electromagnetic disturbances are expected to occur at disconnector switching.

The recorded peak value of induced voltage should not exceed 1,6 kV.

Note 2 of 5.18 gives guidelines for improvement of the electromagnetic compatibility.

7 Routine tests

The routine tests are for the purpose of revealing faults in material or construction. They do not impair the properties and reliability of a test object. The routine tests shall be made wherever reasonably practicable at the manufacturer's works on each apparatus manufactured, to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type tests have been passed. By agreement, any routine test may be made on site.

The routine tests given in this standard comprise:

- a) dielectric test on the main circuit in accordance with 7.1;
- b) dielectric test on control and auxiliary circuits in accordance with 7.2;
- c) measurement of the resistance of the main circuit in accordance with 7.3;
- d) tightness test in accordance with 7.4;
- e) design and visual checks in accordance with 7.5.

Additional routine tests may be necessary and will be specified in the relevant IEC standards.

When switchgear and controlgear are not completely assembled before transport, separate tests shall be made on all transport units. In this event, the manufacturer shall demonstrate the validity of his test (example: leakage rate, test voltage, resistance of part of the main circuit).

Test reports of the routine tests are normally not necessary unless otherwise agreed upon between manufacturer and user.

7.1 Essais diélectriques du circuit principal

Un essai à sec de tension de courte durée à fréquence industrielle doit être appliqué. L'essai doit être effectué selon la CEI 60-1 et selon 6.2, sur des appareils complets, sur des pôles séparés ou sur des unités de transport neufs, propres et secs.

La tension d'essai doit être celle de la colonne 2 des tableaux 1 ou 2, selon les normes CEI concernées, ou leur partie qui s'applique.

Lorsque l'isolation de l'appareillage n'est constituée que par des isolateurs à fût massif et de l'air à pression atmosphérique, l'essai de tenue à la tension à fréquence industrielle du circuit principal peut être omis, si les dimensions entre parties conductrices, entre phases, entre contacts ouverts et au châssis, sont vérifiées par mesurages.

Les dimensions sont vérifiées par rapport aux dimensions indiquées sur les dessins d'encombrement formant partie du rapport d'essais de type de l'appareillage concerné, ou qui y sont cités. En conséquence, ces dessins doivent mentionner toute information nécessaire à cette vérification dimensionnelle, y compris les tolérances acceptables.

7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Ces essais doivent être effectués dans les mêmes conditions que celles prescrites en 6.2.10.

Pour la commodité des essais, la durée peut généralement être réduite à 1 s par accord entre constructeur et utilisateur.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Pour l'essai individuel de série, la chute de tension en courant continu ou la résistance de chaque pôle du circuit principal doit être mesurée dans des conditions aussi proches que possible en ce qui concerne la température de l'air ambiant, et les points de mesure des conditions dans lesquelles l'essai de type correspondant a été fait. Il convient que le courant d'essai se situe dans les limites fixées en 6.4.1.

La résistance mesurée ne doit pas dépasser $1,2 R_u$, où R_u est égale à la résistance mesurée avant l'essai d'échauffement.

7.4 Essais d'étanchéité

Les essais individuels de série doivent être effectués à la température de l'air ambiant, l'ensemble étant rempli à la pression (ou masse volumique) correspondant à la pratique d'essai du constructeur. Le reniflage peut être utilisé pour les systèmes à gaz.

7.4.1 Systèmes à pression de gaz entretenue

La procédure d'essai est celle de 6.8.1.

7.4.2 Systèmes à pression de gaz autonomes

La procédure d'essai est celle de 6.8.2.

Les essais peuvent être réalisés à différentes étapes de la fabrication ou de l'assemblage sur site, sur les pièces, composants et sous-ensembles, selon le tableau de coordination TC.

7.1 *Dielectric test on the main circuit*

A dry, short-duration power-frequency voltage test shall be applied. The test shall be made according to IEC 60-1, and to 6.2 on complete apparatus or on separate poles, or on transport units in new, clean and dry conditions.

The test voltage shall be that specified in column 2 of tables 1 or 2, according to the relevant IEC standards, or the applicable part of it.

When the insulation of switchgear and controlgear is provided only by solid-core insulators and air at ambient pressure, the power-frequency voltage withstand test may be omitted if the dimensions between the conductive parts – between phases, across open switching device and between conductive parts and the frame – are checked by dimensional measurements.

Bases for the checking of dimensions are the dimensional (outline) drawings, which are part of the type test report (or are referred to in it) of the particular switchgear and controlgear. Therefore, in these drawings all information necessary for dimensional checking including the permissible tolerances shall be given.

7.2 *Dielectric test on auxiliary and control circuits*

These tests shall be performed under the same conditions as those prescribed in 6.2.10.

For convenience of testing, the duration may generally be reduced to 1 s by agreement between manufacturer and user.

7.3 *Measurement of the resistance of the main circuit*

For the routine test, the d.c. voltage drop or resistance of each pole of the main circuit shall be measured under conditions as nearly as possible similar with regard to ambient air temperature and points of measurement to those under which the corresponding type test was made. The test current should be within the range stated in 6.4.1.

The measured resistance shall not exceed $1.2 R_U$, where R_U is equal to the resistance measured before the temperature-rise test.

7.4 *Tightness test*

Routine tests shall be performed at normal ambient air temperature with the assembly filled at the pressure (or density) corresponding to the manufacturer's test practice. For gas-filled systems sniffing may be used.

7.4.1 *Controlled pressure systems for gas*

The test procedure corresponds to 6.8.1.

7.4.2 *Closed pressure systems for gas*

The test procedure corresponds to 6.8.2.

The test may be performed at different stages of the manufacturing process or of assembling on site, on parts, components and sub-assemblies, according to the tightness coordination chart TC.

7.4.3 *Systèmes à pression scellés*

a) Appareillage à gaz

La procédure d'essai est celle de 6.8.3, point a).

b) Appareillage à vide

Chaque ampoule à vide doit être identifiée par son numéro de fabrication. Son niveau de vide doit être contrôlé par le constructeur selon 6.8.3 point b).

Les résultats d'essais doivent être justifiés par une documentation et certifiés sur demande.

Après montage de l'appareil, le niveau de vide des ampoules doit être vérifié au moyen d'un essai diélectrique de série à une valeur significative entre contacts ouverts. La tension d'essai doit être donnée par le constructeur.

L'essai diélectrique doit être effectué après l'essai mécanique de série.

7.4.4 *Essai d'étanchéité aux liquides*

Les essais individuels de série doivent être effectués à la température de l'air ambiant, l'appareillage étant complètement assemblé. L'essai des sous-ensembles est également autorisé. Dans ce cas, il faut effectuer une vérification finale sur le site.

Les méthodes d'essai sont celles des essais de type (voir 6.8.4).

7.5 *Contrôles visuels et du modèle*

La conformité de l'appareillage avec la spécification d'achat doit être vérifiée.

8 Guide pour le choix de l'appareillage selon le service

A spécifier dans les normes particulières de la CEI concernant l'appareillage.

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

A spécifier dans les normes particulières de la CEI concernant l'appareillage.

10 Règles pour le transport, le stockage, le montage, l'installation, la manoeuvre et la maintenance

Il est essentiel que le transport, le stockage et l'installation de l'appareillage, aussi bien que son utilisation et sa maintenance en service, soient effectués conformément aux instructions données par le constructeur.

En conséquence, il convient que le constructeur fournisse des instructions pour le transport, le stockage, l'installation, la manoeuvre et la maintenance de l'appareillage. Il convient que les instructions pour le transport et le stockage soient données en temps utile avant la livraison, et les instructions pour l'installation, les manoeuvres et la maintenance au plus tard à la livraison.

Il est impossible, ici, de couvrir en détail la totalité des règles pour l'installation, la manoeuvre et la maintenance de chacun des différents types d'appareils fabriqués, mais les renseignements donnés ci-après concernent les points les plus importants à observer dans les instructions fournies par le constructeur.

7.4.3 Sealed pressure systems

a) Switchgear using gas

The test procedure corresponds to 6.8.3, item a).

b) Vacuum switchgear

Each vacuum tube shall be identified by its serial number. Its vacuum pressure level shall be tested by the manufacturer in accordance with 6.8.3, item b).

The test results shall be documented and, if asked for, certified.

After assembly of the switchgear device the vacuum pressure level of the vacuum tubes shall be tested by a significant routine dielectric test across the open contacts. The test voltage shall be stated by the manufacturer.

The dielectric test shall be carried out after the mechanical routine test.

7.4.4 Liquid tightness tests

Routine tests shall be performed at normal ambient air temperature with the completely assembled switchgear and controlgear device. Testing of sub-assemblies is also permissible. In this case, a final check shall be performed at site.

The test methods correspond to those of the type tests (see 6.8.4).

7.5 Design and visual checks

The switchgear and controlgear shall be checked to verify its compliance with the purchase specification.

8 Guide to the selection of switchgear and controlgear

To be specified in the relevant IEC standards for switchgear and controlgear.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

To be specified in the relevant IEC standards for switchgear and controlgear.

10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance

It is essential that the transport, storage and installation of switchgear and controlgear, as well as their operation and maintenance in service, be performed in accordance with instructions given by the manufacturer.

Consequently, the manufacturer should provide instructions for the transport, storage, installation, operation and maintenance of switchgear and controlgear. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the installation, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

It is impossible, here, to cover in detail the complete rules for the installation, operation and maintenance of each one of the different types of apparatus manufactured, but the following information is given relative to the most important points to be considered for the instructions provided by the manufacturer.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Il convient de prévoir un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur si les conditions de température et d'humidité définies dans la commande ne peuvent pas être garanties au cours du transport, du stockage et de l'installation. Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour la protection de l'isolation pendant le transport, le stockage et l'installation, et avant la mise sous tension en vue d'éviter l'absorption d'humidité due par exemple à la pluie, à la neige ou à la condensation. Les vibrations pendant le transport doivent être prises en compte. Il convient de donner les instructions appropriées.

10.2 Installation

Pour chaque type d'appareillage, il convient que les instructions fournies par le constructeur comprennent au moins les indications ci-après:

10.2.1 Déballage et manutention

Il convient de donner les renseignements nécessaires pour assurer en toute sécurité le déballage et la manutention, y compris des renseignements détaillés sur tous dispositifs spéciaux de levage ou de positionnement qui sont nécessaires.

10.2.2 Assemblage

Lorsque l'appareillage n'est pas complètement monté pour le transport, il convient que toutes les unités de transport soient clairement repérées. Il convient de fournir avec l'appareillage des dessins montrant l'assemblage de ces sous-ensembles.

10.2.3 Montage

Il convient que les instructions pour le montage de l'appareillage, du dispositif de commande et des équipements auxiliaires comprennent les renseignements suffisants relatifs aux emplacements et aux fondations afin de permettre l'achèvement de la préparation du site.

Il est recommandé que ces instructions indiquent également:

- la masse totale de l'appareil, y compris le fluide extincteur ou isolant;
- la masse du fluide extincteur ou isolant;
- la masse de la partie la plus lourde de l'appareil à soulever séparément, si elle dépasse 100 kg

10.2.4 Raccordements

Il convient que les instructions comprennent des renseignements sur:

- a) le raccordement des conducteurs comprenant les directives nécessaires pour éviter l'échauffement excessif et des contraintes inutiles sur l'appareillage, et pour assurer les distances dans l'air convenables;
- b) le raccordement des circuits auxiliaires;
- c) le raccordement des canalisations de liquide ou de gaz, s'il y en a, y compris les dimensions et la disposition des conduites;
- d) le raccordement pour la mise à la terre.

10.1 *Conditions during transport, storage and installation*

A special agreement should be made between manufacturer and user if the service conditions of temperature and humidity defined in the order, cannot be guaranteed during transport, storage and installation. Special precautions may be essential for the protection of insulation during transport, storage and installation, and prior to energizing, to prevent moisture absorption due, for instance, to rain, snow or condensation. Vibrations during transport shall be considered. Appropriate instructions should be given.

10.2 *Installation*

For each type of switchgear and controlgear the instructions provided by the manufacturer should at least include the items listed below.

10.2.1 *Unpacking and lifting*

Required information for unpacking and lifting safely, including details of any special lifting and positioning devices which are necessary, should be given.

10.2.2 *Assembly*

When the switchgear and controlgear is not fully assembled for transport, all transport units should be clearly marked. Drawings showing assembly of these parts should be provided with the switchgear and controlgear.

10.2.3 *Mounting*

Instructions for mounting of switchgear and controlgear, operating device and auxiliary equipment should include sufficient details of locations and foundations to enable site preparation to be completed.

These instructions should also indicate:

- the total mass of the apparatus inclusive of extinguishing or insulating fluids;
- the mass of extinguishing or insulating fluids;
- the mass of the heaviest part of the apparatus to be lifted separately if it exceeds 100 kg.

10.2.4 *Connections*

Instructions should include information on:

- a) connection of conductors, comprising the necessary advice to prevent overheating and unnecessary strain on the switchgear and controlgear and to provide adequate clearance distances;
- b) connection of auxiliary circuits;
- c) connection of liquid or gas systems, if any, including size and arrangement of piping;
- d) connection for earthing.

10.2.5 *Inspection finale de l'installation*

Il convient que des instructions soient données pour la vérification et les essais à effectuer après l'installation de l'appareillage et l'achèvement de tous ses raccordements.

Il convient que ces instructions comprennent:

- une nomenclature des essais sur site recommandés pour établir un bon fonctionnement;
- les modes opératoires et réglages nécessaires pour obtenir un bon fonctionnement;
- les recommandations pour les mesures pertinentes qu'il convient de faire et d'enregistrer comme aide à la décision des futures opérations de maintenance;
- les instructions pour l'inspection finale et la mise en service.

10.3 *Fonctionnement*

Il convient que les instructions données par le constructeur contiennent les informations suivantes:

- description générale du matériel en apportant un soin particulier à la description technique de ses caractéristiques et de son fonctionnement, en sorte que l'utilisateur ait une bonne compréhension des principes mis en oeuvre;
- description des systèmes de sécurité du matériel, et fonctionnement des verrouillages et des dispositifs de cadenas;
- selon les besoins, description des actions pour, manoeuvrer, sectionner, mettre à la terre, entretenir et essayer le matériel.

10.4 *Maintenance*

L'efficacité des actions de maintenance dépend principalement du respect des instructions prescrites par le constructeur et mises en oeuvre par l'utilisateur.

10.4.1 *Recommandations pour le constructeur*

a) Il est recommandé au constructeur de fournir un manuel de maintenance comprenant les renseignements suivants:

1) Etendue et fréquence de la maintenance. Dans ce but, il convient de prendre en compte les facteurs suivants:

- manoeuvre de coupure (courant et nombre);
- nombre total de manoeuvres;
- durée d'exploitation (intervalles périodiques);
- conditions d'environnement;
- mesurages et essais de diagnostic (éventuellement).

2) Description détaillée des travaux de maintenance:

- emplacement recommandé pour les travaux de maintenance (intérieur, extérieur, en usine, sur site, etc.);
- procédure pour l'inspection, les essais de diagnostic, l'examen, l'entretien;
- référence aux dessins;
- référence aux numéros de pièces;
- utilisation de matériels ou d'outils spéciaux;

10.2.5 *Final installation inspection*

Instructions should be provided for inspection and tests which should be made after the switchgear and controlgear has been installed and all connections have been completed.

These instructions should include:

- a schedule of recommended site tests to establish correct operation;
- procedures for carrying out any adjustment that may be necessary to obtain correct operation;
- recommendations for any relevant measurements that should be made and recorded to help with future maintenance decisions;
- instructions for final inspection and putting into service.

10.3 *Operation*

The instructions given by the manufacturer should contain the following information:

- a general description of the equipment with particular attention to the technical description of its characteristics and operation so that the user has an adequate understanding of the main principles involved;
- a description of the safety features of the equipment and the operation of the interlocks and padlocking facilities;
- as relevant, a description of the action to be taken to manipulate the equipment for operation isolation, earthing, maintenance and testing.

10.4 *Maintenance*

The effectiveness of maintenance depends mainly on the way instructions are prepared by the manufacturer and implemented by the user.

10.4.1 *Recommendations for the manufacturer*

a) The manufacturer should issue a maintenance manual including the following information:

1) Extent and frequency of maintenance. For this purpose the following factors should be considered;

- switching operations (current and number);
- total number of operations;
- time in service (periodic intervals);
- environmental conditions;
- measurements and diagnostic tests, (if any).

2) Detailed description of the maintenance work;

- recommended place for the maintenance work (indoor, outdoor, in factory, on site, etc.);
- procedures for inspection, diagnostic tests, examination, overhaul;
- reference to drawings;
- reference to part numbers;
- use of special equipment or tools;

- précaution à observer (par exemple propreté et effets possibles de sous-produits dus à l'arc);
- procédés de lubrification.

3) Dessins détaillés des éléments de l'appareillage importants pour la maintenance, avec une identification claire des assemblages, des sous-ensembles et des parties significatives (numéros des ensembles et description).

NOTE – Des dessins agrandis des détails qui indiquent la position relative des composants dans les ensembles ou sous ensembles sont une méthode d'illustration recommandée.

4) Limites des valeurs et tolérances qui, lorsqu'elles sont dépassées, rendent nécessaires une action corrective. Par exemple:

- pression, masse volumique;
- résistances et condensateurs (du circuit principal);
- durée de fonctionnement;
- résistance du circuit principal;
- caractéristiques du liquide ou du gaz isolant;
- quantité et qualité du liquide ou du gaz (voir CEI 480 et CEI 1634 pour le SF₆);
- érosion permise des parties sujettes à l'usure;
- couples;
- dimensions importantes.

5) Spécification pour les fournitures subsidiaires de maintenance, y compris les avertissements concernant les matériaux non compatibles connus:

- graisse;
- huile;
- fluide;
- agents nettoyants et dégraissants.

6) Liste des outils spéciaux, du matériel de levage et d'accès.

7) Essais après les travaux de maintenance.

8) Liste des pièces de rechange recommandées (description, numéro de référence, quantité) et conseils pour le stockage.

9) Estimation de la durée d'intervention pour la maintenance.

10) Comment traiter le matériel à la fin de sa vie utile, en prenant en compte les exigences concernant l'environnement.

b) Il est recommandé au constructeur d'informer les utilisateurs d'un type particulier d'appareillage sur les actions correctives rendues nécessaires par suite de défauts et de défaillances systématiques éventuelles.

c) Disponibilité des pièces détachées:

Il convient que le constructeur s'assure de la disponibilité des pièces détachées nécessaires aux procédures de maintenance pendant au moins dix ans à partir de la date d'arrêt de fabrication de l'appareillage.

10.4.2 Recommandation pour l'utilisateur

a) Si l'utilisateur souhaite effectuer lui-même la maintenance, il lui est conseillé de s'assurer que son personnel possède la qualification suffisante et une connaissance spécifique de l'appareillage concerné.

- precautions to be observed (e.g. cleanliness and possible effects of harmful arcing by-products);
- lubrication procedures.

3) Comprehensive drawings of the details of the switchgear and controlgear important for maintenance, with clear identification (part number and description) of assemblies, sub-assemblies and significant parts.

NOTE – Expanded detail drawings which indicate the relative position of components in assemblies and sub-assemblies are a recommended illustration method.

4) Limits of values and tolerances which, when exceeded, make corrective action necessary.

For example:

- pressures, density levels;
 - resistors and capacitors (of the main circuit);
 - operating times;
 - resistance of the main circuits;
 - insulating liquid or gas characteristics;
 - quantities and quality of liquid or gas (see IEC 480 and IEC 1634 for SF₆);
 - permissible erosion of parts subject to wear;
 - torques;
 - important dimensions.
- 5) Specifications for auxiliary maintenance materials, including warning of known non-compatibility of materials:
- grease;
 - oil;
 - fluid;
 - cleaning and degreasing agents.
- 6) List of special tools, lifting and access equipment.
- 7) Tests after the maintenance work.
- 8) List of the recommended spare parts (description, reference number, quantities) and advice for storage.
- 9) Estimate of active scheduled maintenance time.
- 10) How to proceed with the equipment at the end of its operating life, taking into consideration environmental requirements.

b) The manufacturer should inform the users of a particular type of switchgear and controlgear and about corrective actions required by possible systematic defects and failures.

c) Availability of spares:

The manufacturer should be responsible for ensuring the continued availability of spare parts required for maintenance for a period of not less than 10 years from the date of final manufacture of the switchgear and controlgear.

10.4.2 Recommendations for the user

a) If the user wishes to do his own maintenance, he should ensure that his staff have sufficient qualification as well as a detailed knowledge of the respective switchgear and controlgear.

b) Il convient que l'utilisateur enregistre les informations suivantes:

- le numéro de série et le type de l'appareillage;
- la date à laquelle l'appareillage est mis en service;
- les résultats de toutes les mesures et de tous les essais, y compris les essais de diagnostic effectués pendant la vie de l'appareillage;
- les dates et l'étendue des travaux de maintenance effectués;
- l'historique du service, les relevés périodiques des compteurs de manoeuvres et autres indications (par exemple coupure de courant de court-circuit);
- les références à tout rapport de défaillance.

c) Lorsqu'une défaillance et des défauts surviennent, il est recommandé à l'utilisateur d'établir un rapport de défaillance et d'informer le constructeur en exposant les circonstances particulières de cette défaillance, et en indiquant les mesures prises. Si nécessaire, il convient qu'une analyse de la défaillance soit faite en collaboration avec le constructeur.

10.4.3 Rapport de défaillance

Le but du rapport de défaillance est de normaliser l'enregistrement des défaillances de l'appareillage avec les objectifs suivants:

- décrire la défaillance en utilisant une même terminologie;
- fournir des données pour les statistiques de l'utilisateur;
- fournir au constructeur un retour d'information significatif.

Un guide pour l'établissement d'un rapport de défaillance est donné ci-après.

Il convient qu'un rapport de défaillance contienne:

a) une identification de l'appareillage en défaut:

- nom du poste;
- identification de l'appareillage (constructeur, type, numéro de série, valeurs assignées);
- technologie de coupure (air comprimé, faible volume d'huile, SF₆, vide);
- emplacement (intérieur, extérieur);
- enveloppe;
- mécanisme de commande, si concerné (hydraulique, pneumatique, mécanique à ressort, motorisé, manuel).

b) Historique de l'appareillage:

- date de la mise en service du matériel;
- date de la défaillance/du défaut;
- nombre total de cycles de manoeuvre, si concerné;
- date de la dernière maintenance;
- détails de toute modification apportée au matériel depuis sa fabrication;
- nombre total de cycles de manoeuvre depuis la dernière maintenance;
- situation de l'appareillage au moment de la découverte de la défaillance/défaut (en service, en maintenance, etc.).

b) The user should record the following information:

- the serial number and the type of the switchgear and controlgear;
- the date when the switchgear and controlgear is put in service;
- the results of all measurements and tests including diagnostic tests carried out during the life of the switchgear and controlgear;
- dates and extent of the maintenance work carried out;
- the history of service, periodical records of the operation counters and other indications (e.g. short-circuit operations);
- references to any failure report.

c) In case of failure and defects, the user should make a failure report and should inform the manufacturer by stating the special circumstances and measures taken. Depending upon the nature of the failure, an analysis of the failure should be made in collaboration with the manufacturer.

10.4.3 *Failure report*

The purpose of the failure report is to standardize the recording of the switchgear and controlgear failures with the following objectives:

- to describe the failure using a common terminology;
- to provide data for the user statistics;
- to provide a meaningful feedback to the manufacturer.

The following gives guidance on how to make a failure report.

A failure report should include:

a) Identification of the switchgear which failed:

- substation name;
- identification of the switchgear (manufacturer, type, serial number, ratings);
- switchgear family (air blast, minimum oil, SF₆, vacuum);
- location (indoor, outdoor);
- enclosure;
- operating mechanism, if applicable (hydraulic, pneumatic, spring, motor, manual).

b) History of the switchgear:

- date of commissioning of the equipment;
- date of failure/defect;
- total number of operating cycles, if applicable;
- date of last maintenance;
- details of any changes made to the equipment since manufacture;
- total number of operating cycles since last maintenance;
- condition of the switchgear when the failure/defect was discovered (in service, maintenance, etc.).

- c) Identification du sous-ensemble/composant cause de la défaillance/défaut
 - composant à la tension du réseau;
 - circuits électriques de commande et auxiliaires;
 - mécanismes de commande si applicable;
 - autres composants.
- d) Conditions lors de l'apparition de la défaillance/défaut
 - Conditions d'environnement (température, vent, pluie, neige, glace, pollution, foudre, etc.).
- e) Classification de la défaillance/défaut
 - défaillance majeure;
 - défaillance mineure;
 - défaut.
- f) Origine et cause de la défaillance/défaut
 - origine (mécanique, électrique, étanchéité si applicable);
 - cause (conception, construction, instructions incorrectes, montage défectueux, maintenance incorrecte, contrainte hors spécifications, etc.).
- g) Conséquence de la défaillance ou du défaut
 - durée d'indisponibilité de l'appareillage;
 - durée de la réparation;
 - coût de main-d'oeuvre;
 - coût des pièces détachées.

Un rapport de défaillance peut contenir les informations suivantes:

- dessins, croquis;
- photographies des composants défectueux;
- schéma unifilaire du poste;
- séquence des manoeuvres et diagrammes des temps;
- enregistrement ou courbes (oscillopertubogrammes);
- référence au manuel de maintenance ou de manoeuvre.

11 Sécurité

L'appareillage à haute tension ne peut être sûr que s'il est installé selon les règles d'installation applicables, et utilisé et entretenu selon les instructions du constructeur (voir article 10).

L'appareillage à haute tension n'est normalement accessible qu'à des personnes averties. Il doit être exploité et maintenu par des personnes qualifiées. Lorsque l'approche d'appareillage de distribution n'est pas limitée, des mesures de sécurité complémentaires peuvent être nécessaires.

Les spécifications suivantes de la présente norme donnent, pour l'appareillage, des mesures de sécurité des personnes contre divers risques:

- c) Identification of the sub-assembly/component responsible for the primary failure/defect
 - high-voltage stressed components;
 - electrical control and auxiliary circuits;
 - operating mechanism, if applicable;
 - other components.
- d) Stresses presumed contributing to the failure/defect
 - Environmental conditions (temperature, wind, rain, snow, ice, pollution, lightning, etc.).
- e) Classification of the failure/defect
 - major failure;
 - minor failure;
 - defect.
- f) Origin and cause of the failure/defect
 - origin (mechanical, electrical, tightness if applicable);
 - cause (design, manufacture, inadequate instructions, incorrect mounting, incorrect maintenance, stresses beyond those specified, etc.).
- g) Consequences of the failure or defect
 - switchgear down-time;
 - time consumption for repair;
 - labour cost;
 - spare parts cost.

A failure report may include the following information:

- drawings, sketches;
- photographs of defective components;
- single-line station diagram;
- operation and timing sequences;
- records or plots;
- references to maintenance or operating manuals.

11 Safety

High-voltage switchgear and controlgear can be safe only when installed in accordance with the relevant installation rules, and used and maintained in accordance with the manufacturer's instructions (see clause 10).

High-voltage switchgear and controlgear is normally only accessible by instructed persons. It shall be operated and maintained by skilled persons. When unrestricted access is available to distribution switching and controlgear, additional safety features may be required.

The following specifications of this standard provide personal safety measures for switchgear and controlgear against various hazards:

11.1 *Aspects électriques*

- isolement de la distance de sectionnement (voir 4.2);
- mise à la terre (contact indirect) (voir 5.3);
- séparation des circuits HT et BT (voir 5.4);
- codification IP (contact direct) (voir 5.13.1).

11.2 *Aspects mécaniques*

- compartiments sous pression (voir 5.2);
- effort de manoeuvre manuel (voir 5.6.3);
- codification IP (pièces en mouvement) (voir 5.13.1);
- protection contre les impacts mécaniques (voir 5.13.3).

11.3 *Aspects thermiques*

- températures maximales des parties accessibles (voir tableau 3);
- ininflammabilité (voir 5.17).

11.4 *Aspects opérationnels*

- manoeuvre à source d'énergie extérieure (voir 5.5);
- accumulation d'énergie par manoeuvre manuelle (voir 5.6.3);
- manoeuvre manuelle indépendante (voir 5.7);
- verrouillage (voir 5.11);
- indicateur de position (voir 5.12).

11.1 *Electrical aspects*

- insulation of the isolating distance (see 4.2);
- earthing (indirect contact) (see 5.3);
- separation of HV and LV circuits (see 5.4);
- IP coding (direct contact) (see 5.13.1).

11.2 *Mechanical aspects*

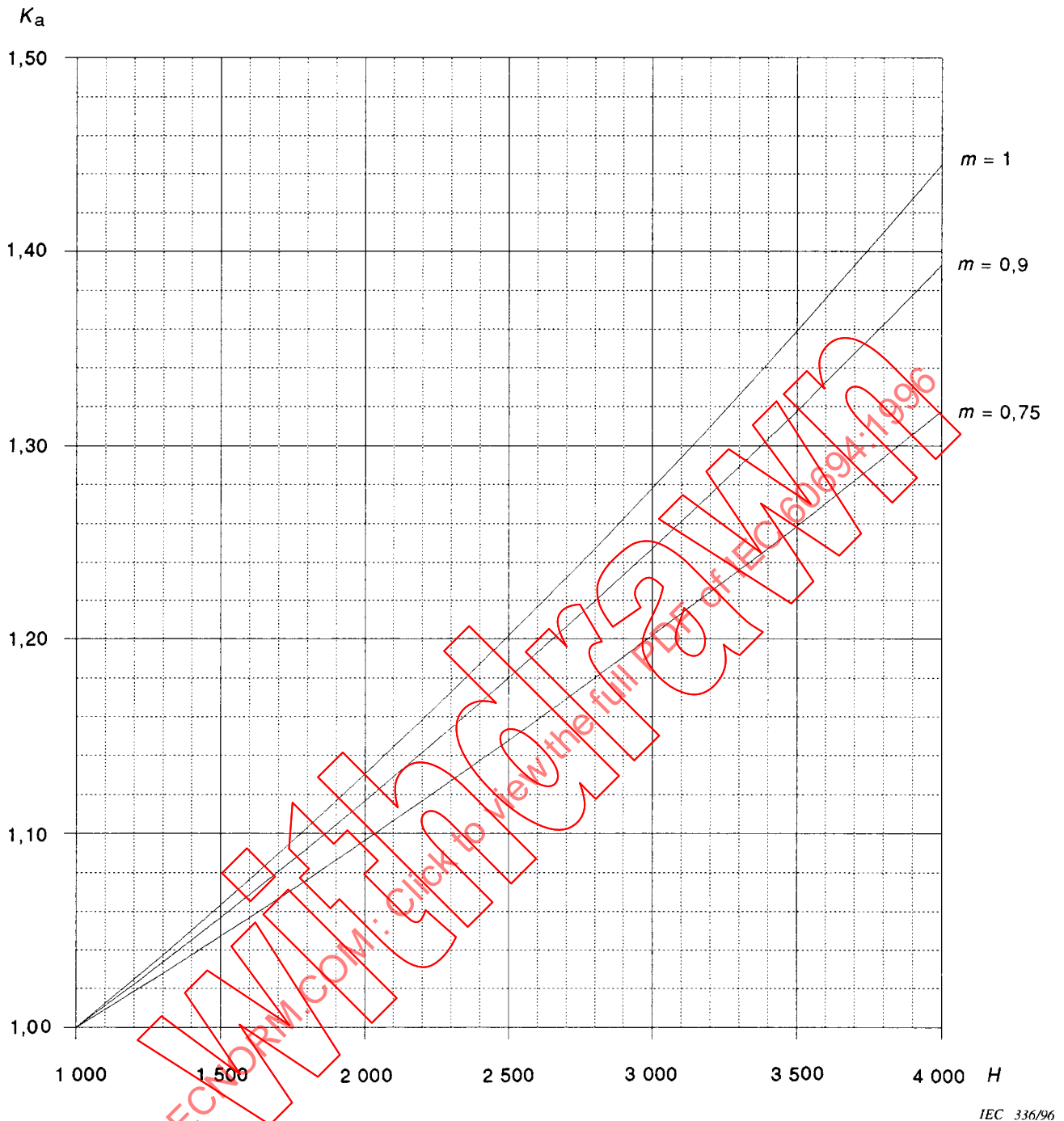
- pressurized components (see 5.2);
- manual actuating force (see 5.6.3);
- IP coding (moving parts) (see 5.13.1);
- mechanical impact protection (see 5.13.3).

11.3 *Thermal aspects*

- maximum temperature of accessible parts (see table 3);
- flammability (see 5.17).

11.4 *Operation aspects*

- dependent power operation (see 5.5);
- manual charging (see 5.6.3);
- independent manual operation (see 5.7);
- interlocking devices (see 5.11);
- position indication (see 5.12).



Ces facteurs peuvent être calculés à partir de 4.2.2 de la CEI 71-2, avec l'équation suivante:

$$K_a = e^{m(H-1000)/8150}$$

où

H est l'altitude en mètres;

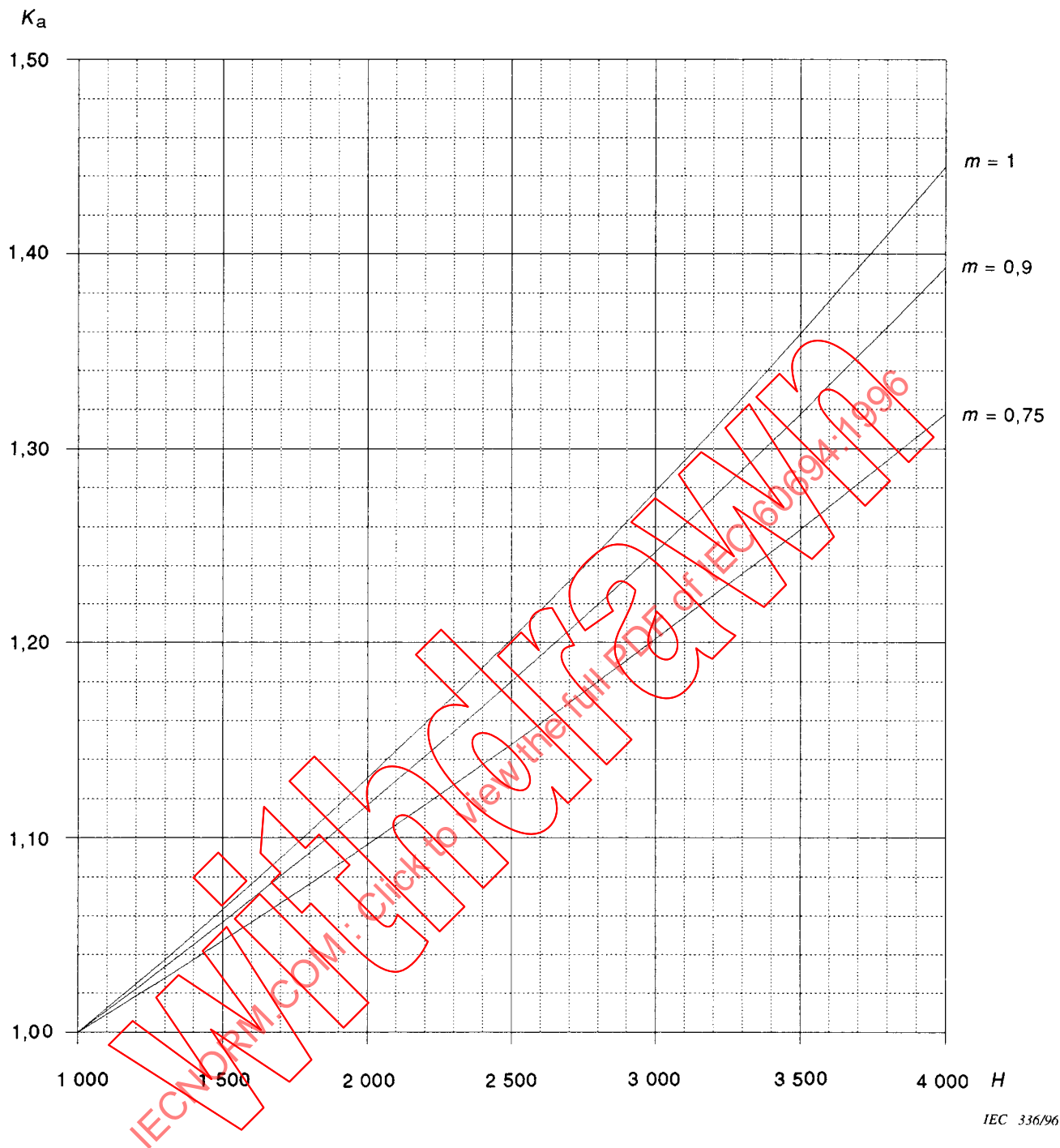
m est pris avec une valeur fixe pour simplifier comme suit:

$m = 1$ pour les tensions à fréquence industrielle, de choc de foudre, et de choc de manoeuvre entre phases

$m = 0,9$ pour les tensions longitudinales en choc de manoeuvre

$m = 0,75$ pour les tensions entre phase et terre au choc de manoeuvre

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude (voir 2.2.1)



IEC 336/96

These factors can be calculated from 4.2.2 of IEC 71-2 with the following equation:

$$K_a = e^{m(H-1000)/8150}$$

where

H is the altitude in metres;

m is taken as fixed value in each case for simplification as follows:

$m = 1$ for power-frequency, lightning impulse and phase-to-phase switching impulse voltages

$m = 0,9$ for longitudinal switching impulse voltage

$m = 0,75$ for phase-to-earth switching impulse voltage.

Figure 1 – Altitude correction factor (see 2.2.1)

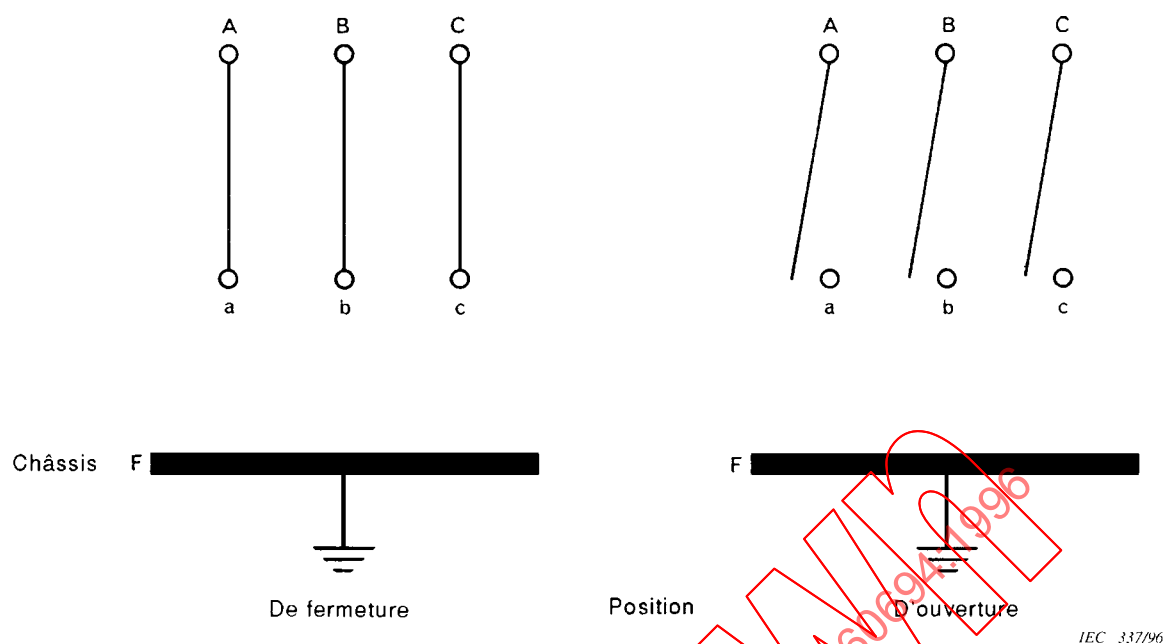


Figure 2 – Schéma des connexions d'un appareil de connexion tripolaire (voir 6.2.5.1)

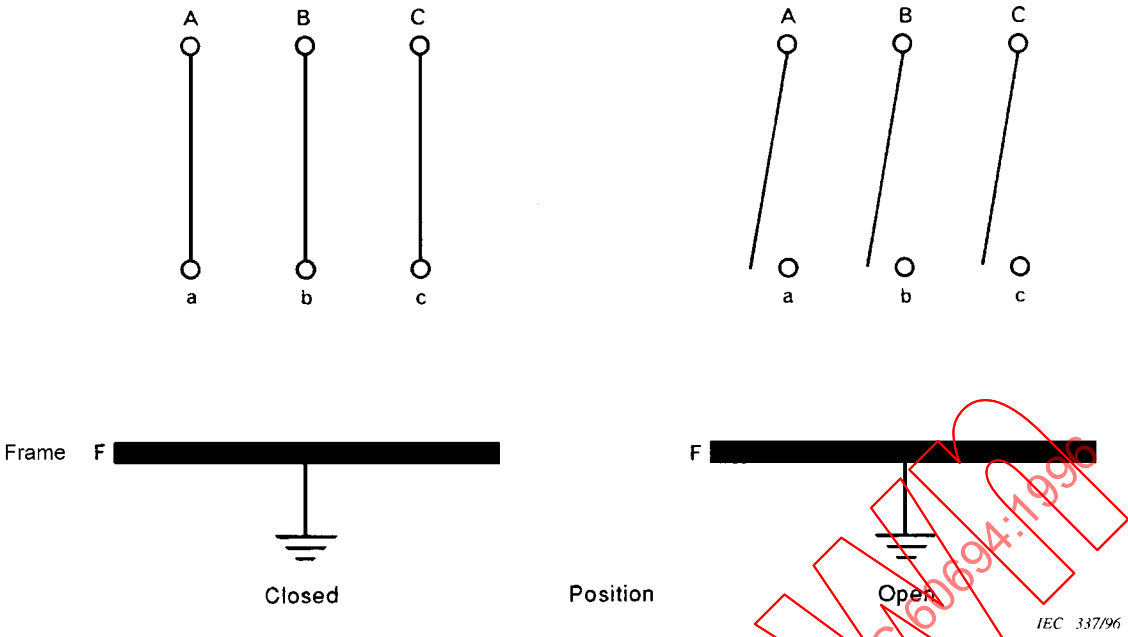
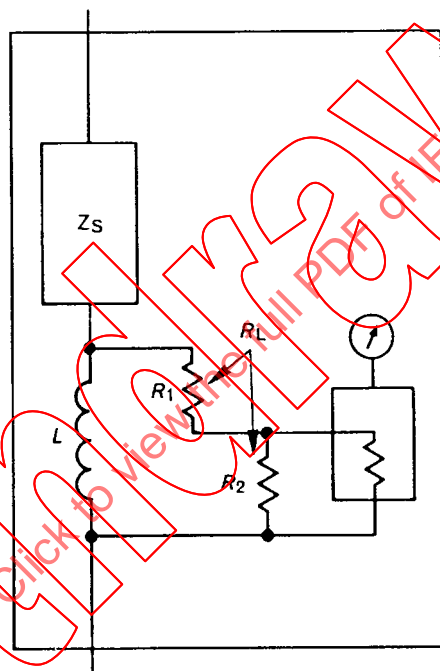
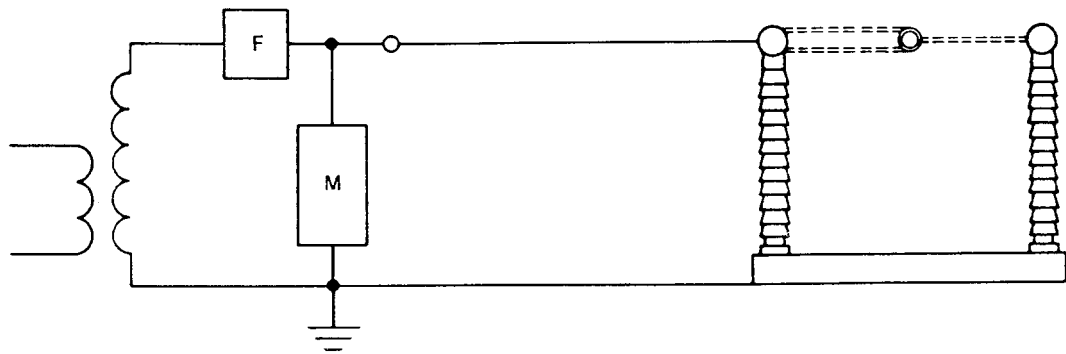


Figure 2 – Diagram of connections of a three-pole switching device (see 6.2.5.1)

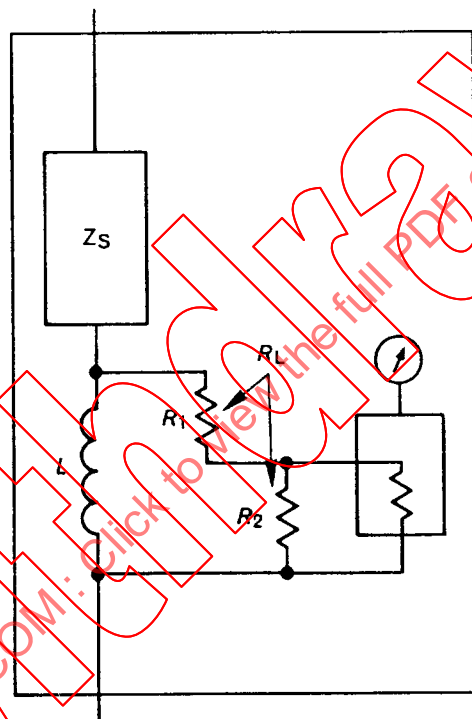
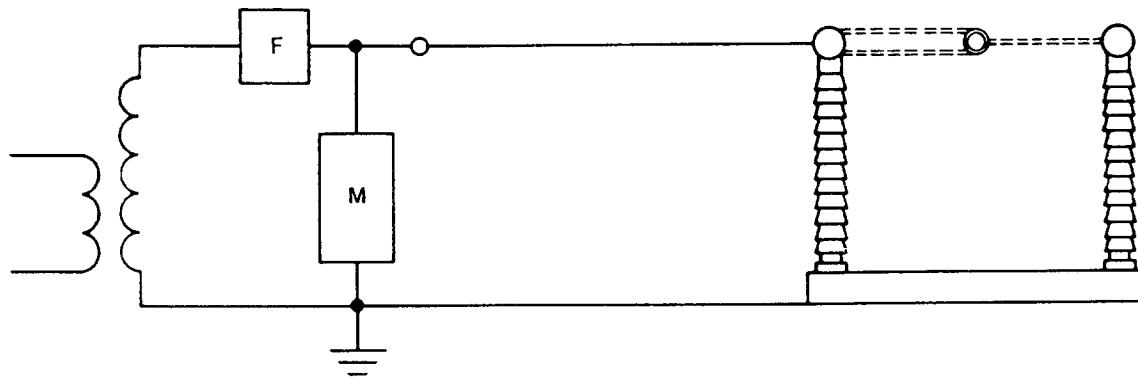


Détails de M

IEC 338/96

- F Filtre
- R_L Résistance équivalente de R_1 en série avec la combinaison en parallèle de R_2 et de la résistance équivalente du dispositif de mesure.
- Z_s Peut être un condensateur ou un circuit composé d'un condensateur et d'une inductance en série
- L Impédance utilisée pour shunter les courants à fréquence industrielle et pour compenser les capacités parasites à la fréquence de mesure

Figure 3 – Schéma d'un circuit d'essais de tension de perturbation radioélectrique des appareils de connexion (voir 6.3)



Details of M

IEC 338/96

F Filter

R_L The equivalent resistance of R_1 in series with the parallel combination of R_2 and the equivalent resistance of the measuring set.

Z_S May be either a capacitor or a circuit composed of a capacitor and an inductor in series

L The impedance used to shunt power-frequency currents and to compensate for stray capacitance at the measuring frequency

Figure 3 – Diagram of a test circuit for the radio interference voltage test of switching devices (see 6.3)