

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61936-1**

Première édition  
First edition  
2002-10

---

---

**Installations électriques en courant alternatif  
de puissance supérieure à 1 kV –**

**Partie 1:  
Règles communes**

**Power installations exceeding 1 kV a.c. –**

**Part 1:  
Common rules**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61936-1:2002

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([http://www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/jp\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([http://www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/jp\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61936-1**

Première édition  
First edition  
2002-10

---

---

---

**Installations électriques en courant alternatif  
de puissance supérieure à 1 kV –**

**Partie 1:  
Règles communes**

**Power installations exceeding 1 kV a.c. –**

**Part 1:  
Common rules**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



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

AVANT-PROPOS .....	8
INTRODUCTION .....	10
1 Domaine d'application .....	12
2 Références normatives .....	14
3 Définitions .....	18
3.1 Généralités .....	18
3.2 Installations .....	22
3.3 Types d'installations .....	22
3.4 Mesures de protection contre les chocs électriques .....	24
3.5 Distances .....	26
3.6 Commande et protection .....	28
3.7 Mises à la terre .....	28
4 Prescriptions fondamentales .....	34
4.1 Généralités .....	34
4.2 Prescriptions électriques .....	36
4.3 Prescriptions mécaniques .....	38
4.4 Conditions climatiques et environnementales .....	42
4.5 Prescriptions particulières .....	48
5 Isolement .....	48
5.1 Choix du niveau d'isolement .....	48
5.2 Vérification des valeurs de tenue au choc .....	50
5.3 Espaces libres minimaux des parties sous tension .....	50
5.4 Espaces libres minimaux entre les parties dans des conditions spéciales .....	54
5.5 Zones de connexion essayées .....	56
6 Matériels .....	56
6.1 Exigences générales .....	56
6.2 Exigences spécifiques .....	58
7 Installations .....	72
7.1 Exigences générales .....	72
7.2 Installations extérieures de conception libre .....	78
7.3 Installations intérieures de conception libre .....	82
7.4 Installation d'appareillage à enveloppe homologuée fabriqué en usine .....	82
7.5 Exigences relatives aux bâtiments .....	88
7.6 Sous-stations préfabriquées à haute tension/basse tension .....	94
7.7 Installations électriques sur mât, pylône et tour .....	94
8 Mesures de sécurité .....	106
8.1 Protection contre les contacts directs .....	106
8.2 Dispositions de protection des personnes contre les contacts indirects .....	110
8.3 Dispositions de protection des personnes travaillant sur des installations électriques .....	110
8.4 Protection contre les dangers provenant d'un arc .....	116
8.5 Protection contre les coups de foudre directs .....	118
8.6 Protection contre l'incendie .....	118
8.7 Protection contre les fuites de liquide isolant et de SF <sub>6</sub> .....	128
8.8 Identification et marquage .....	132

## CONTENTS

FOREWORD .....	9
INTRODUCTION .....	11
1 Scope .....	13
2 Normative references .....	15
3 Definitions .....	19
3.1 General .....	19
3.2 Installations .....	23
3.3 Types of installations .....	23
3.4 Safety measures against electric shock .....	25
3.5 Clearances .....	27
3.6 Control and protection .....	29
3.7 Earthing .....	29
4 Fundamental requirements .....	35
4.1 General .....	35
4.2 Electrical requirements .....	37
4.3 Mechanical requirements .....	39
4.4 Climatic and environmental conditions .....	43
4.5 Special requirements .....	49
5 Insulation .....	49
5.1 Selection of insulation level .....	49
5.2 Verification of withstand values .....	51
5.3 Minimum clearances of live parts .....	51
5.4 Minimum clearances between parts under special conditions .....	55
5.5 Tested connection zones .....	57
6 Equipment .....	57
6.1 General requirements .....	57
6.2 Specific requirements .....	59
7 Installations .....	73
7.1 General requirements .....	73
7.2 Outdoor installations of open design .....	79
7.3 Indoor installations of open design .....	83
7.4 Installation of factory-built, type-tested enclosed switchgear .....	83
7.5 Requirements for buildings .....	89
7.6 High voltage/low voltage prefabricated substations .....	95
7.7 Electrical installations on mast, pole and tower .....	95
8 Safety measures .....	107
8.1 Protection against direct contact .....	107
8.2 Means to protect persons in case of indirect contact .....	111
8.3 Means to protect persons working on electrical installations .....	111
8.4 Protection from danger resulting from arc fault .....	117
8.5 Protection against direct lightning strokes .....	119
8.6 Protection against fire .....	119
8.7 Protection against leakage of insulating liquid and SF <sub>6</sub> .....	129
8.8 Identification and marking .....	133

9	Systèmes de protection, de commande et auxiliaires .....	142
9.1	Systèmes de surveillance et de commande.....	142
9.2	Circuits d'alimentation en courant continu et courant alternatif.....	144
9.3	Systèmes à air comprimé.....	144
9.4	Installations de manutention du gaz SF <sub>6</sub> .....	146
9.5	Règles de base applicables à la compatibilité électromagnétique des systèmes de commande .....	146
10	Installations de mise à la terre .....	152
10.1	Généralités .....	152
10.2	Exigences fondamentales .....	152
10.3	Conception des installations de mise à la terre .....	158
10.4	Construction des installations de mise à la terre .....	160
10.5	Mesures .....	160
10.6	Mise en service .....	162
10.7	Maintenance .....	162
11	Contrôles et essais .....	162

Annexe A (normative)	Valeurs des niveaux d'isolement assignés et des distances minimales se fondant sur les pratiques courantes de certains pays.....	164
----------------------	--	-----

Annexe B (informative)	Tensions limites de contact typiques.....	170
------------------------	---	-----

Annexe C (normative)	Diagramme de conception d'une prise de terre .....	172
----------------------	--	-----

Bibliographie .....	174
---------------------	-----

Figure 1 – Protection contre le contact direct au moyen de barrières/obstacles de protection à l'intérieur de zones d'exploitation électrique fermées .....	96
---	----

Figure 2 – Distances des limites et hauteur minimale à la clôture/mur extérieurs .....	98
--	----

Figure 3 – Hauteurs minimales et espaces libres minimaux de travail à l'intérieur de zones d'exploitation électrique fermées.....	100
---	-----

Figure 4 – Approches avec bâtiments (à l'intérieur de zones d'exploitation électrique fermées) .....	102
--	-----

Figure 5 – Distances minimales d'approche pour le transport.....	104
--	-----

Figure 6 – Cloisons de séparation entre les transformateurs .....	134
---	-----

Figure 7 – Protection contre l'incendie entre le transformateur et le bâtiment .....	136
--	-----

Figure 8 – Fosse avec réservoir de récupération intégré .....	138
---	-----

Figure 9 – Fosse avec réservoir de récupération séparé .....	138
--	-----

Figure 10 – Fosse avec réservoir de récupération commun intégré .....	140
---	-----

Figure 11 – Exemple de petits transformateurs sans couche de graviers ni réservoir de récupération.....	140
---	-----

Figure 12 – Méthode de calcul de la limite de tension .....	154
---	-----

Figure B.1 – Tensions limites de contact typiques .....	170
---	-----

Tableau 1 – Espaces libres minimaux dans l'air – Plage de tensions I ( $1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$ ) .....	52
---	----

Tableau 2 – Espaces libres minimaux dans l'air – Plage de tensions II ( $U_m > 245\text{ kV}$ ) .....	54
---	----

Tableau 3 – Valeurs indicatives pour les distances de sécurité des transformateurs .....	122
--	-----

Tableau 4 – Prescriptions minimales applicables à l'installation de transformateurs à l'intérieur.....	124
--	-----

9	Protection, control and auxiliary systems .....	143
9.1	Monitoring and control systems .....	143
9.2	DC and AC supply circuits .....	145
9.3	Compressed air systems .....	145
9.4	SF <sub>6</sub> gas handling plants .....	147
9.5	Basic rules for electromagnetic compatibility of control systems.....	147
10	Earthing systems .....	153
10.1	General .....	153
10.2	Fundamental requirements.....	153
10.3	Design of earthing systems .....	159
10.4	Construction of earthing systems .....	161
10.5	Measurements .....	161
10.6	Commissioning .....	163
10.7	Maintenance .....	163
11	Inspection and testing .....	163
Annex A (normative) Values of rated insulation levels and minimum clearances based on current practice in some countries .....		165
Annex B (informative) Typical touch voltage limits.....		171
Annex C (normative ) Earthing system design flow chart .....		173
Bibliography .....		175
Figure 1 – Protection against direct contact by protective barriers/protective obstacles within closed electrical operating areas .....		97
Figure 2 – Boundary distances and minimum height at the external fence/wall .....		99
Figure 3 – Minimum heights and minimum working clearances within closed electrical operating areas .....		101
Figure 4 – Approaches with buildings (within closed electrical operating areas) .....		103
Figure 5 – Minimum approach distance for transport .....		105
Figure 6 – Separating walls between transformers .....		135
Figure 7 – Fire protection between transformer and building .....		137
Figure 8 – Sump with integrated catchment tank .....		139
Figure 9 – Sump with separate catchment tank .....		139
Figure 10 – Sump with integrated common catchment tank .....		141
Figure 11 – Example for small transformers without gravel layer and catchment tank .....		141
Figure 12 – Method of calculating the voltage limit .....		155
Figure B.1 – Typical touch voltage limits .....		171
Table 1 – Minimum clearances in air – Voltage range I ( $1\text{ kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$ ) .....		53
Table 2 – Minimum clearances in air – Voltage range II ( $U_m > 245\text{ kV}$ ).....		55
Table 3 – Guide values for outdoor transformer clearances.....		123
Table 4 – Minimum requirements for the installation of indoor transformers.....		125

Tableau 5 – Exigences minimales pour l'interconnexion d'installations de mise à la terre basse et haute tensions basées sur les limites d'EPR.....	158
Tableau A.1 – Valeurs des niveaux d'isolement assignés et distances minimales dans l'air pour $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ pour la tension la plus élevée pour les matériels $U_m$ non normalisés par la CEI se fondant sur les pratiques courantes de certains pays .....	164
Tableau A.2 – Valeurs des niveaux d'isolement assignés et distances minimales dans l'air pour $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ pour la tension la plus élevée pour les matériels $U_m$ non normalisés par la CEI se fondant sur les pratiques courantes de certains pays .....	166
Tableau A.3 – Valeurs des niveaux d'isolement assignés et distances minimales dans l'air pour $U_m > 245 \text{ kV}$ pour la tension la plus élevée pour les matériels $U_m$ non normalisés par la CEI se fondant sur les pratiques courantes de certains pays .....	168



Table 5 – Minimum requirements for interconnection of low voltage and high voltage earthing systems based on EPR limits .....	159
Table A.1 – Values of rated insulation levels and minimum clearances in air for $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ for highest voltages for equipment $U_m$ not standardized by the IEC based on current practice in some countries .....	165
Table A.2 – Values of rated insulation levels and minimum clearances in air for $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ for highest voltages for equipment $U_m$ not standardized by IEC based on current practice in some countries .....	167
Table A.3 – Values of rated insulation levels and minimum clearances in air for $U_m > 245 \text{ kV}$ for highest voltages for equipment $U_m$ not standardized by IEC based on current practice in some countries .....	169

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES EN COURANT ALTERNATIF DE PUISSANCE SUPÉRIEURE À 1 kV –

### Partie 1: Règles communes

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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 norme de la CEI et la norme nationale ou régionale 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 61936-1 a été établie par le comité d'études 99 de la CEI: Conception de systèmes et mise en œuvre d'installations électriques de puissance de tensions nominales supérieures à 1 kV en courant alternatif et 1,5 kV en courant continu, en particulier concernant les aspects de sécurité.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
99/59/FDIS	99/60/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER INSTALLATIONS EXCEEDING 1 kV AC –****Part 1: Common rules**

## 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 specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61936-1 has been prepared by IEC technical committee 99: System engineering and erection of electrical power installations in systems with nominal voltages above 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c., particularly concerning safety aspects.

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

FDIS	Report on voting
99/59/FDIS	99/60/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

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

## **INTRODUCTION**

Il existe de nombreuses lois nationales, normes et règles internes traitant de ce sujet et liées au domaine d'application de cette norme; ces diverses pratiques ont été prises en compte lors des travaux.

La présente partie de la CEI 61936 contient les prescriptions minimales valables pour les pays membres de la CEI et des indications complémentaires assurant une fiabilité acceptable d'une installation ainsi que la sécurité de son fonctionnement.

La publication de cette norme est censée être un premier pas vers une cohérence graduelle dans le monde entier des pratiques relatives à la conception et à la mise en œuvre des installations de puissance à haute tension.

La partie 2 de cette série CEI (actuellement à l'étude) donne des prescriptions particulières pour les installations de transport et de distribution, alors que la partie 3 (aussi à l'étude) donne des prescriptions particulières pour les installations de génération de puissance et industrielles.

## INTRODUCTION

There are many national laws, standards and internal rules dealing with the matter coming within the scope of this standard and these practices have been taken as a basis for this work.

This part of IEC 61936 contains the minimum requirements valid for IEC countries and some additional information which ensures an acceptable reliability of an installation and its safe operation.

The publication of this standard is believed to be a first decisive step towards the gradual alignment all over the world of the practices concerning the design and erection of high voltage power installations.

Part 2 of this IEC series (in preparation) is intended to give particular requirements for transmission and distribution installations, while Part 3 (in preparation) is intended to give particular requirements for power generation and industrial installations.

# **INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES EN COURANT ALTERNATIF DE PUISSANCE SUPÉRIEURE À 1 kV –**

## **Partie 1: Règles communes**

### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 61936 fournit, sous une forme appropriée, des prescriptions communes relatives à la conception et la mise en œuvre des installations électriques de tensions nominales supérieures à 1 kV en courant alternatif et de fréquence nominale jusqu'à et y compris 60 Hz, afin d'assurer la sécurité et le fonctionnement correct pour l'utilisation prévue.

Cette norme est applicable à toutes les installations électriques à haute tension, à l'exception de celles faisant l'objet de prescriptions spécifiques concernant d'autres parties de la CEI 61936.

Cette norme ne s'applique pas à la conception et la mise en œuvre des

- lignes aériennes et souterraines entre des installations différentes;
- lignes de chemin de fer électriques (mais s'applique aux postes alimentant la ligne de chemin de fer);
- matériels de mine et installations;
- installations d'éclairages fluorescents;
- installations sur les bateaux et les plates-formes;
- matériel électrostatique;
- stations d'essai;
- matériel médical, par exemple équipement à rayons X.

Cette norme ne s'applique pas à la conception de l'appareillage préfabriqué et de l'appareillage dérivé de série pour lesquels des normes spécifiques CEI existent déjà.

Cette norme ne s'applique pas aux prescriptions relatives aux travaux sous tension.

Pour l'application de cette norme, une installation électrique est considérée comme étant l'une des suivantes.

#### **a) Postes**

Un local électrique fermé avec des appareillages dans un réseau de transport ou de distribution. Lorsque l'appareillage ou les transformateurs sont situés à l'extérieur d'un local électrique fermé, ils sont considérés comme faisant partie d'une installation.

#### **b) Une ou plusieurs sources placées dans un site unique**

L'installation comprend les générateurs et les transformateurs avec tout l'appareillage et tous les auxiliaires électriques associés. Les liaisons entre les postes qui font partie du réseau de transmission ou de distribution sont cependant exclues.

#### **c) Installations industrielles, commerciales, agricoles ou publiques**

Les liaisons entre des locaux électriques fermés (comprenant des postes) placés dans un même site sont considérées comme faisant partie de l'installation, sauf si de telles liaisons s'intègrent dans un réseau de transport ou de distribution.

## POWER INSTALLATIONS EXCEEDING 1 kV AC –

### Part 1: Common rules

#### 1 Scope

This part of IEC 61936 provides, in a convenient form, common rules for the design and the erection of electrical power installations in systems with nominal voltages above 1 kV a.c. and nominal frequency up to and including 60 Hz, so as to provide safety and proper functioning for the use intended.

This standard applies to all high voltage installations except as stated otherwise in some cases specified in other parts of IEC 61936.

This standard does not apply to the design and erection of any of the following:

- overhead and underground lines between separate installations;
- electric railways (but not the substation feeding a railway system);
- mining equipment and installations ;
- fluorescent lamp installations;
- installations on ships and off-shore installations;
- electrostatic equipment;
- test sites;
- medical equipment, e.g. medical X-ray equipment.

This standard does not apply to the design of factory-built, type-tested switchgear for which separate IEC standards exist.

This standard does not apply to the requirements for carrying out live working on electrical installations.

For the purpose of interpreting this standard, an electrical power installation is considered to be one of the following.

a) Substation

A closed electrical operating area in a transmission or distribution network. When switchgear and/or transformers are located outside a closed electrical operating area, this is also taken to be an installation.

b) One (or more) power station(s) located on a single site

The installation includes generators and transformers with all associated switchgear and all electrical auxiliary systems. Connections between generating stations located on different sites are excluded.

c) The electrical system of a factory, industrial plant or other industrial, agricultural, commercial or public premises

Connections between closed electrical areas (including substations), located on the same site, are taken to be part of the installation, except where such connections form part of a transmission or distribution network.

L'installation électrique comprend notamment les matériels suivants:

- machines électriques tournantes;
- appareillage;
- transformateurs et réactances;
- convertisseurs;
- câbles;
- lignes;
- canalisations;
- batteries;
- condensateurs;
- mise à la terre;
- bâtiments et clôtures qui font partie d'une zone électrique fermée;
- les systèmes associés de protection, de commande et auxiliaires;
- réactance élevée à noyau d'air.

NOTE Généralement, une norme traitant d'un point particulier de l'équipement prévaut sur la présente norme.

## 2 Références normatives

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

CEI 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60044-6, *Transformateurs de mesure – Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60071-2:1996, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

CEI 60076-2:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

CEI 60079-0, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60255 (toutes les parties), *Relais électriques*

CEI 60298, *Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 60331-21, *Essais de câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 21: Procédures et prescriptions – Câbles de tension assignée jusque et y compris 0,6/1,0 kV*



The electrical power installation includes, among others, the following equipment:

- rotating electrical machines;
- switchgear;
- transformers and reactors;
- converters;
- cables;
- lines;
- wiring systems;
- batteries;
- capacitors;
- earthing systems;
- buildings and fences which are part of a closed electrical operating area;
- associated protection, control and auxiliary systems ;
- large air type core reactor.

NOTE In general, a standard for an item of equipment takes precedence over this standard.

## 2 Normative references

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

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60044-6, *Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance*

IEC 60060-1, *High voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1, *Insulation coordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:1996, *Insulation coordination – Part 2: Application guide*

IEC 60076-2:1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60255 (all parts), *Electrical relays*

IEC 60298, *A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 60331-21, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 21: Procedures and requirements – Cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV*

CEI 60331-31, *Essais de câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 31: Procédures et exigences pour incendie avec chocs – Câbles de tension assignée jusques et y compris 0,6/1,0 kV*

CEI 60364 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments*

CEI 60364-1, *Installations électriques des bâtiments – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

CEI 60466, *Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 38 kV*

CEI 60479-1:1994, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

CEI 60517, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60617 (toutes les parties), *Symboles graphiques pour schémas*

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

CEI 60721-2-7, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-7: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Faune et flore*

CEI 60726, *Transformateurs de puissance de type sec*

CEI 60754-1, *Essais sur les gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

CEI 60815, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 60826, *Charges et résistances des lignes aériennes de transport*

CEI 60865-1, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Partie 1: Définitions et méthodes de calcul*

CEI 60909, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*

CEI 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

CEI 61024 (toutes les parties), *Protection des structures contre la foudre*

CEI 61082 (toutes les parties), *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique*

CEI 61100, *Classification des isolants liquides selon le point de feu et le pouvoir calorifique inférieur*

CEI 61140, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 60331-31, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 31: Procedures and requirements for fire with shock – Cables for rated voltage up to and including 0,6/1 kV*

IEC 60364 (all parts), *Electrical installations of buildings*

IEC 60364-1, *Electrical installations of buildings – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60466, *A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV*

IEC 60479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60517, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60617 (all parts), *Graphical symbols for diagrams*

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

IEC 60721-2-7, *Classification of environmental conditions – Part 2-7: Environmental conditions appearing in nature. Fauna and flora*

IEC 60726, *Dry-type power transformers*

IEC 60754-1, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas*

IEC 60815, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 60826, *Loading and strength of overhead transmission lines*

IEC 60865-1, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

IEC 60909, *Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 61024 (all parts), *Protection of structures against lightning*

IEC 61082 (all parts), *Preparation of documents used in electrotechnology*

IEC 61100, *Classification of insulating liquids according of fire-point and net caloric value*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

CEI 61219, *Travaux sous tension – Appareils de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit utilisant des cannes comme dispositif de mise en court-circuit – Mise à la terre au moyen de cannes*

CEI 61230, *Travaux sous tension – Dispositifs portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit*

CEI 61243 (toutes les parties), *Travaux sous tension – Détecteurs de tension*

CEI 61330, *Postes préfabriqués haute tension/basse tension*

CEI 61634, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) dans l'appareillage à haute tension*

Guide CEI 107, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*

Guide ISO/CEI 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

ISO 1996-1:1982, *Acoustique – Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement – Partie 1: Grandeurs et méthodes fondamentales*

Guide IEEE 80-2000, *Guide pour la sécurité dans la mise à la terre de postes c.a.*

Guide IEEE 980-1994, *Guide pour le stockage et le contrôle des fuites d'huiles dans les postes*

Journal officiel des communautés européennes, N° C 62/23 du 28.02.1994: *Document d'interprétation. Prescriptions essentielles N° 2: «sécurité en cas d'incendie»*

### **3 Définitions**

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61936, les définitions suivantes s'appliquent:

#### **3.1 Généralités**

##### **3.1.1**

##### **matériel électrique**

tout matériel utilisé pour la production, la transformation, le transport, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique, tel que machine, transformateur, appareillage, appareil de mesure, dispositif de protection, matériel de canalisation, appareil d'utilisation

[VEI 826-07-01]

##### **3.1.2**

##### **valeur nominale**

valeur d'une grandeur, utilisée pour dénommer et identifier un composant, un dispositif, un matériel ou un système

[VEI 151-16-09]

##### **3.1.3**

##### **tension nominale d'un réseau**

valeur arrondie appropriée de la tension utilisée pour dénommer ou identifier un réseau

[VEI 601-01-21]

IEC 61219, *Live working – Earthing or earthing and short-circuiting equipment using lances as a short-circuiting device – Lance earthing*

IEC 61230, *Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting*

IEC 61243 (all parts), *Live working – Voltage detectors*

IEC 61330, *High voltage/low voltage prefabricated substations*

IEC 61634, *High voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) in high voltage switchgear and controlgear*

IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 1996-1:1982, *Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 1: Basic quantities and procedures*

IEEE 80-2000, *The IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*

IEEE 980-1994, *Guide for Containment and Control of Oil Spills in Substations*

Official Journal of the European Communities, No. C 62/23 dated 28.2.1994: *Interpretative document, Essential requirements No. 2, “safety in case of fire”*

### **3 Definitions**

For the purpose of this part of IEC 61936, the following definitions apply:

#### **3.1 General**

##### **3.1.1**

##### **electrical equipment**

any item used for such purposes as generation, conversion, transmission, distribution and utilization of electrical energy, such as machines, transformers, apparatus, measuring instruments, protective devices, equipment for wiring systems, appliances

[IEV 826-07-01]

##### **3.1.2**

##### **nominal value**

value of a quantity used to designate and identify a component, device, equipment or system

[IEV 151-16-09]

##### **3.1.3**

##### **nominal voltage of a system**

suitable approximate value of voltage used to designate or identify a system

[IEV 601-01-21]

#### **3.1.4**

##### **valeur assignée**

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

[VEI 151-16-08]

#### **3.1.5**

##### **tension la plus élevée pour le matériel**

valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases pour laquelle le matériel est spécifié en ce qui concerne son isolement ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont éventuellement rattachées à cette tension dans les normes proposées pour chaque matériel

[VEI 604-03-01]

#### **3.1.6**

##### **zone de connexion essayée**

zone au voisinage des bornes du matériel qui a subi un essai de type diélectrique avec la ou les valeurs de tenue appropriées, les conducteurs concernés étant connectés aux bornes d'une manière spécifiée par le constructeur du matériel

#### **3.1.7**

##### **distance de sectionnement d'un pôle**

distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux prescriptions de sécurité concernant les sectionneurs

[VEI 441-17-35]

#### **3.1.8**

##### **sectionnement**

coupure ou déconnexion d'une installation, d'une partie d'installation ou d'un matériel à partir de tous les conducteurs non mis à la terre par la création d'intervalles ou de distances d'isolement

#### **3.1.9**

##### **partie active**

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

[VEI 195-02-19]

NOTE 1 La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

NOTE 2 Pour les définitions de PEM et de PEL, voir le VEI 195-02-13 et le VEI 195-02-14.

#### **3.1.10**

##### **artère**

ligne électrique issue d'un poste principal alimentant un ou plusieurs postes secondaires ou une ou plusieurs lignes secondaires ou encore une association des deux

[VEI 601-02-08 modifiée]

#### **3.1.11**

##### **ferrorésonance**

résonance entre la capacitance d'un appareil et l'inductance du circuit magnétique saturable d'un appareil voisin

[VEI 604-01-14]

**3.1.4****rated value**

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment, or system

[IEV 151-16-08]

**3.1.5****highest voltage for equipment**

highest r.m.s value of phase-to-phase voltage for which the equipment is designed in respect of its insulation as well as other characteristics which relate to this voltage in the relevant equipment standards

[IEV 604-03-01]

**3.1.6****tested connection zone**

zone in the vicinity of equipment terminals which has passed a dielectric type test with the appropriate withstand value(s), the applicable conductors being connected to the terminals in a manner specified by the manufacturer of the equipment

**3.1.7****isolating distance**

clearance between open contacts meeting the safety requirements specified for disconnectors

[IEV 441-17-35]

**3.1.8****isolation**

switching off or disconnection of an installation, a part of an installation or an equipment from all non-earthed conductors by creating isolating gaps or distances

**3.1.9****live part**

conductor or conductive part intended to be energized in normal operation, including a neutral conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

[IEV 195-02-19]

NOTE 1 This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

NOTE 2 Definitions of PEM and PEL see IEV 195-02-13 and IEV 195-02-14.

**3.1.10****feeder**

electric line originating at a main substation and supplying one or more secondary substations, or one or more branch lines, or any combination of these two types of installations

[IEV 601-02-08, modified]

**3.1.11****ferro-resonance**

resonance of the capacitance of an apparatus with the inductance of the saturable magnetic circuit of an adjacent apparatus

[IEV 604-01-14]

### **3.1.12**

#### **constante de temps du courant de court-circuit des enroulements primaires (constante de temps primaire)**

temps nécessaire pour que la composante continue présente dans le courant de court-circuit décroisse jusqu'à  $1/e$ , c'est-à-dire 0,368 fois sa valeur initiale, à la suite d'une variation brusque des conditions de fonctionnement, la machine tournant à sa vitesse nominale

[VEI 411-48-31, modifiée]

### **3.1.13**

#### **surtension transitoire**

surtension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes, oscillatoire ou non, généralement fortement amortie

[VEI 604-03-13]

## **3.2 Installations**

### **3.2.1**

#### **local de service électrique fermé**

salle ou local destiné à l'exploitation des installations et des matériels électriques dont l'accès est réservé aux personnes qualifiées ou instruites ou aux autres personnes sous la surveillance de personnes qualifiées ou instruites, par exemple par ouverture d'une porte ou enlèvement d'une barrière de protection seulement à l'aide d'une clé ou d'un outil et qui est clairement identifiée par des panneaux d'avertissement appropriés

NOTE De tels locaux peuvent comprendre, par exemple, des installations d'appareillage et de distribution sous enveloppe, des cellules de transformateurs sous enveloppe, des coffrets ou armoires d'appareillage, des installations de distribution dans des enveloppes métalliques ou d'autres installations sous enveloppe.

### **3.2.2**

#### **locaux de service soumis à un risque d'incendie**

salles, locaux ou emplacements intérieurs ou extérieurs, où existe un danger dû aux conditions locales ou de fonctionnement par lesquelles des quantités dangereuses de matériaux facilement inflammables pourraient se trouver suffisamment proches des matériels électriques pour créer un risque d'incendie dû à la température élevée du matériel ou à un arc

### **3.2.3**

#### **fosse de récupération**

réceptacle destiné à recueillir l'isolant liquide d'un transformateur ou de tout autre appareil en cas de fuite

[VEI 605-02-30 modifiée]

### **3.2.4**

#### **réservoir de récupération**

réservoir destiné à recevoir les fuites de liquide, l'eau de pluie, etc. pour un ou plusieurs transformateurs ou tout autre appareil

### **3.2.5**

#### **jeu de barres (omnibus)**

dans un poste, ensemble des barres omnibus nécessaire pour connecter des circuits

EXEMPLE Trois barres pour un réseau triphasé.

[VEI 605-02-02]

## **3.3 Types d'installations**

### **3.3.1**

#### **installations extérieures**

installations électriques qui sont situées à l'extérieur



**3.1.12****short-circuit time constant of primary windings (primary time constant)**

time required for the d.c. component present in the short-circuit primary winding current, following a sudden change in operating conditions, to decrease to  $1/e$ , that is 0,368 of its initial value, the machine running at rated speed

[IEV 411-48-31, modified]

**3.1.13****transient overvoltage**

short duration overvoltage of a few milliseconds, or less, oscillatory or non-oscillatory, usually highly damped

[IEV 604-03-13]

**3.2 Installations****3.2.1****closed electrical operating area**

room or location for operation of electrical installations and equipment to which access is intended to be restricted to skilled or instructed persons or to lay personnel under the supervision of skilled or instructed persons, e.g. by opening of a door or removal of protective barrier only by the use of a key or tool, and which is clearly marked by appropriate warning signs

NOTE Examples of such locations include enclosed switchgear and distribution installations, transformer enclosures, switchgear bays or cubicles, distribution installations in sheet metal housings or in other closed installations.

**3.2.2****operating areas subject to fire hazard**

rooms, areas or locations, indoors or outdoors, where there is a danger due to local or operating conditions that hazardous quantities of easily flammable solid materials may come so close to the electrical equipment as to cause a fire hazard resulting from the high temperature of the equipment or due to arcing

**3.2.3****sump**

receptacle which is intended to receive the insulating liquid of a transformer or other equipment in case of leakage

[IEV 605-02-30, modified]

**3.2.4****catchment tank**

collecting tank for the leakage liquids, rain water, etc. for one or more transformers or other equipment

**3.2.5****busbars (commonly called busbar)**

in a substation, the busbar assembly necessary to make a common connection for several circuits

EXAMPLE Three busbars for a three-phase system.

[IEV 605-02-02]

**3.3 Types of installations****3.3.1****outdoor installations**

electrical installations which are outdoors

### **3.3.1.1**

#### **installations extérieures ouvertes**

installations dans lesquelles le matériel n'est pas complètement protégé contre les contacts directs et est directement exposé aux intempéries

### **3.3.1.2**

#### **installations extérieures sous enveloppe**

installations qui fournissent une protection complète contre les contacts directs et dont l'enveloppe assure une protection directe contre les intempéries

### **3.3.2**

#### **installations intérieures**

installations électriques situées dans un bâtiment ou un local dans lequel le matériel est protégé contre les intempéries

### **3.3.2.1**

#### **installations intérieures ouvertes**

installations dans lesquelles le matériel n'est pas complètement protégé contre les contacts directs

### **3.3.2.2**

#### **installations intérieures sous enveloppe**

installations dans lesquelles le matériel possède une protection complète contre les contacts directs

### **3.3.3**

#### **cellule ou compartiment d'appareillage**

toute partie d'un jeu de barres dans une installation

## **3.4 Mesures de protection contre les chocs électriques**

### **3.4.1**

#### **protection contre les contacts directs**

mesures qui empêchent les personnes d'approcher des parties actives dangereuses ou de zones où il existe un risque de tension dangereuse avec des parties de leurs corps ou des objets (atteignant la zone dangereuse)

### **3.4.2**

#### **protection contre les contacts indirects**

protection des personnes vis-à-vis des dangers qui pourraient résulter, en cas de défaut, d'un contact avec des masses de matériel électrique ou autres parties conductrices

### **3.4.3**

#### **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]

**3.3.1.1****outdoor installations of open design**

installations where the equipment does not have complete protection against direct contact and is directly exposed to the weather

**3.3.1.2****outdoor installations of enclosed design**

installations which provide full protection against direct contact and whose enclosure provides direct protection from the weather

**3.3.2****indoor installations**

electrical installations within a building or room in which the equipment is protected against the weather

**3.3.2.1****indoor installations of open design**

installations where the equipment does not have complete protection against direct contact

**3.3.2.2****indoor installations of enclosed design**

installations where the equipment has complete protection against direct contact

**3.3.3****switchgear 'bay' or 'cubicle'**

each branch of a busbar in an installation

**3.4 Safety measures against electric shock****3.4.1****protection against direct contact**

measures which prevent persons coming into hazardous proximity to live parts or those parts which could carry a hazardous voltage, with parts of their bodies or objects (reaching the danger zone)

**3.4.2****protection in case of indirect contact**

protection of persons from hazards which could arise, in event of fault, from contact with exposed conductive parts of electrical equipment or extraneous conductive parts

**3.4.3****enclosure**

part providing protection of equipment against certain external influences and, in any direction, protection against direct contact

[IEV 826-03-12]

#### **3.4.4**

##### **barrière de protection**

partie assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès  
[VEI 195-06-15]

#### **3.4.5**

##### **obstacle de protection**

élément empêchant un contact direct fortuit mais ne s'opposant pas à un contact direct par une action délibérée

[VEI 195-06-16]

### **3.5 Distances**

#### **3.5.1**

##### **distance d'isolement**

distance entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces deux parties conductrices

[VEI 441-17-31]

#### **3.5.2**

##### **distance d'isolement minimale**

la plus petite distance d'isolement admissible dans l'air entre des parties actives ou entre des parties actives et la terre

#### **3.5.3**

##### **distance d'isolement d'une barrière de protection**

la plus petite distance d'isolement admissible entre la barrière et les parties actives ou des parties qui pourraient être soumises à une tension dangereuse

#### **3.5.4**

##### **distance d'isolement d'un obstacle de protection**

la plus petite distance d'isolement admissible entre l'obstacle et les parties actives ou les parties qui pourraient être soumises à une tension dangereuse

#### **3.5.5**

##### **zone dangereuse**

zone limitée par la distance d'isolement minimale autour des parties actives sans protection complète contre les contacts directs

NOTE Atteindre la zone dangereuse est considéré comme analogue à un contact avec des parties dangereuses.

#### **3.5.6**

##### **zone de proximité**

zone entourant la zone dangereuse, dont la limite extérieure est la distance  $D_V$ .

NOTE 1 La limite extérieure de la zone de proximité dépend de la tension des parties actives.

NOTE 2 Les travaux dans la zone de proximité sont ceux effectués par un travailleur soit dans la zone soit en pouvant toucher des parties par le corps ou des outils, des matériels et dispositifs pouvant être manipulés, mais sans qu'il entre dans la zone dangereuse.

#### **3.5.7**

##### **distance de travail**

distance minimale de sécurité à respecter entre les parties actives normalement accessibles et toute personne ayant à intervenir dans un poste ou tout outil conducteur tenu à la main

[VEI 605-02-25, modifiée]

NOTE 1 Les valeurs pour les personnes habilitées ou instruites sont indiquées à la figure 3. Cela se réfère aux seuls travaux hors tension. Des définitions particulières pour les travaux sous tension sont données dans la CEI 60050(651).

NOTE 2 En Europe, le terme de «distance minimale de travail» est utilisé au lieu de «distance de travail».

**3.4.4****protective barrier**

part providing protection against direct contact from any usual direction of access

[IEV 195-06-15]

**3.4.5****protective obstacle**

part preventing unintentional direct contact, but not preventing direct contact by deliberate action

[IEV 195-06-16]

**3.5 Clearances****3.5.1****clearance**

distance between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[IEV 441-17-31]

**3.5.2****minimum clearance**

smallest permissible clearance in air between live parts or between live parts and earth

**3.5.3****protective barrier clearance**

smallest permissible clearance between a protective barrier and live parts or those parts which may become subject to a hazardous voltage

**3.5.4****protective obstacle clearance**

smallest permissible clearance between a protective obstacle and live parts or those parts which may become subject to a hazardous voltage

**3.5.5****danger zone**

area limited by the minimum clearance around live parts without complete protection against direct contact

NOTE Infringing the danger zone is considered the same as touching live parts.

**3.5.6****vicinity zone**

a zone surrounding a danger zone, the outer boundary of which is limited by the distance  $D_V$ .

NOTE 1 The outer boundary of the vicinity zone depends upon the voltage of the live part.

NOTE 2 Work in the vicinity zone is considered to be all work where a worker is either inside the zone or reaches into the zone with parts of the body or tools, equipment and devices being handled but does not reach into the danger zone.

**3.5.7****working clearance**

minimum safe distance to be observed between normally exposed live parts and any person working in a substation or any conductive tool directly handled

[IEV 605-02-25, modified]

NOTE 1 Values for electrically skilled or instructed persons are given in figure 3. This refers only to non-live working. Specific definitions related to live working practices are found in IEC 60050(651).

NOTE 2 In Europe the term “minimum working distance” is used instead of “working clearance”.

### **3.5.8**

#### **distance d'isolement d'une clôture**

la plus petite distance d'isolement admissible entre la clôture extérieure et les parties actives ou les parties qui pourraient être soumises à une tension de choc dangereuse

### **3.5.9**

#### **hauteur minimale**

la plus petite distance verticale admissible entre les surfaces accessibles et les parties actives sans protection contre les contacts directs ou des parties qui pourraient être soumises à une tension dangereuse

## **3.6 Commande et protection**

### **3.6.1**

#### **dispositif de verrouillage**

dispositif qui subordonne la possibilité de fonctionnement d'un appareil de connexion à la position ou au fonctionnement d'un ou de plusieurs autres éléments de l'équipement

[VEI 441-16-49]

### **3.6.2**

#### **commande directe**

commande d'une manœuvre à partir d'un point situé à l'intérieur de l'installation électrique

### **3.6.3**

#### **commande à distance**

commande d'une manœuvre à partir d'un point situé à l'extérieur de l'installation électrique

### **3.6.4**

#### **réenclenchement automatique**

refermeture du disjoncteur associé à une fraction de réseau affectée d'un défaut, par un dispositif automatique après un intervalle de temps permettant la disparition d'un défaut fugitif

[VEI 604-02-32]

## **3.7 Mises à la terre**

### **3.7.1**

#### **terre (locale)**

partie de la Terre en contact électrique avec une prise de terre, et dont le potentiel électrique n'est pas nécessairement égal à zéro

NOTE Le potentiel électrique de tout point de la masse conductrice de la terre est pris, par convention, égal à zéro.

[VEI 195-01-03, modifiée]

### **3.7.2**

#### **terre de référence**

partie de la Terre considérée comme conductrice, dont le potentiel électrique est pris, par convention, égal à zéro, étant hors de la zone d'influence de l'installation de mise à la terre concernée

NOTE La notion de «Terre» se réfère à la planète et à toute la matière dont elle est composée.

[VEI 195-01-01, modifiée]

### **3.7.3**

#### **prise de terre/électrode de terre**

partie conductrice pouvant être incorporée dans un milieu conducteur particulier en contact électrique avec la Terre

[VEI 195-02-01 modifiée]

**3.5.8****boundary clearance**

smallest permissible clearance between an external fence and live parts or those parts which may become subject to a hazardous voltage

**3.5.9****minimum height**

smallest permissible vertical clearance between accessible surfaces and live parts without protection against direct contact or those parts which may become subject to a hazardous voltage

**3.6 Control and protection****3.6.1****interlocking device**

device which makes the operation of a switching device dependent upon the position or operation of one or more other pieces of equipment

[IEV 441-16-49]

**3.6.2****local control**

control of operation from a point inside the electrical power installation

**3.6.3****remote control**

control of operation from a place outside the electrical power installation

**3.6.4****automatic reclosing**

automatic reclosing of a circuit-breaker associated with a faulted section of a network after an interval of time which permits that section to recover from a transient fault

[IEV 604-02-32]

**3.7 Earthing****3.7.1****(local) earth****(local) ground**

part of the Earth which is in electric contact with an earth electrode and the electric potential of which is not necessarily equal to zero

NOTE The conductive mass of the earth, whose electric potential at any point is conventionally taken as equal to zero.

[IEV 195-01-03, modified]

**3.7.2****reference earth****reference ground (remote earth/ground)**

part of the Earth considered as conductive, the electric potential of which is conventionally taken as zero, being outside the zone of influence of the relevant earthing arrangement

NOTE The concept "Earth" means the planet and all its physical matter.

[IEV 195-01-01, modified]

**3.7.3****earth electrode****ground electrode**

conductive part, which may be embedded in a specific conductive medium in electric contact with the earth

[IEV 195-02-01, modified]

### 3.7.4

#### **conducteur de (mise à la) terre**

conducteur assurant un chemin conducteur, ou une partie du chemin conducteur, entre un point donné d'un réseau, d'une installation, ou d'un matériel et une prise de terre

[VEI 195-02-03]

NOTE Si la connexion entre une partie de l'installation et l'électrode de terre est assurée par une barrette de coupure, un sectionneur, un compteur ou un intervalle de décharge d'un parafoudre, etc., seule la partie de la connexion attachée de façon permanente à l'électrode de terre est un conducteur de terre.

### 3.7.5

#### **conducteur d'équipotentialité de protection**

conducteur de protection assurant une liaison équipotentielle

[VEI 826-04-10, modifiée]

### 3.7.6

#### **installation de mise à la terre**

ensemble des connexions et des dispositifs qui sont nécessaires pour mettre à la terre séparément ou collectivement un appareil ou une installation

[VEI 604-04-02]

### 3.7.7

#### **piquet de terre**

électrode de terre constituée d'une tige métallique enfoncée dans le sol

[VEI 604-04-09]

### 3.7.8

#### **prise de terre de fait**

partie métallique qui est en contact avec la terre ou avec l'eau, directement ou par l'intermédiaire du béton, et qui n'est pas destinée à la mise à la terre mais qui satisfait aux prescriptions d'une prise de terre sans modifier sa destination

NOTE Des exemples de structures faisant office de prise de terre sont des conduites métalliques, des plaques de fondation, des armatures de poteaux en béton, des parties métalliques des bâtiments, etc.

### 3.7.9

#### **résistivité électrique du sol, $\rho_E$**

résistivité d'un échantillon typique du sol

### 3.7.10

#### **résistance de terre (d'une prise de terre), $R_E$**

partie réelle de l'impédance de terre

### 3.7.11

#### **impédance de terre (d'une installation de mise à la terre), $Z_E$**

impédance pour une fréquence donnée entre un point spécifié d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel et la terre de référence

NOTE L'impédance de terre est déterminée non seulement par les prises de terre directement connectées, mais aussi par les mises à la terre des lignes aériennes interconnectées, par des câbles de garde des lignes aériennes, par des câbles avec écran et par toutes autres prises de terre, reliées à l'installation de mise à la terre concernée, par des gaines conductrices, des blindages, des conducteurs PEN ou de toute autre manière.

### 3.7.12

#### **élévation du potentiel de terre, EPR**

tension entre une installation de mise à la terre et la terre de référence



**3.7.4****earthing conductor****grounding conductor**

conductor which provides a conductive path, or part of the conductive path, between a given point in a system or in an installation or in equipment and an earth electrode

[IEV 195-02-03]

NOTE Where the connection between part of the installation and the earth electrode is made via a disconnecting link, disconnecting switch, surge arrester counter, surge arrester control gap etc., then only that part of the connection permanently attached to the earth electrode is an earthing conductor.

**3.7.5****protective bonding conductor**

protective conductor for ensuring equipotential bonding

[IEV 826-04-10, modified]

**3.7.6****earthing system****grounding system**

arrangement of connections and devices necessary to earth equipment or a system separately or jointly

[IEV 604-04-02]

**3.7.7****earth rod****ground rod**

earth electrode consisting of a metal rod driven into the ground

[IEV 604-04-09]

**3.7.8****structural earth electrode**

metal part, which is in conductive contact with the earth or with water directly or via concrete, whose original purpose is not earthing, but which fulfils all requirements of an earth electrode without impairment of the original purpose

NOTE Examples of structural earth electrodes are pipelines, sheet piling, concrete reinforcement bars in foundations and the steel structure of buildings etc.

**3.7.9****electric resistivity of soil,  $\rho_E$** 

resistivity of a typical sample of soil

**3.7.10****resistance to earth,  $R_E$** 

real part of the impedance to earth

**3.7.11****impedance to earth,  $Z_E$** 

impedance at a given frequency between a specified point in a system or in an installation or in equipment and reference earth

NOTE The impedance to earth is determined by the directly connected earth electrodes and also by connected overhead earth wires and wires buried in earth of overhead lines, by connected cables with earth electrode effect and by other earthing systems which are conductively connected to the relevant earthing system by conductive cable sheaths, shields, PEN conductors or in another way.

**3.7.12****earth potential rise, EPR**

voltage between an earthing system and reference earth

### 3.7.13

#### **potentiel**

tension entre un point d'observation et la terre de référence

### 3.7.14

#### **tension de contact effective/tension de toucher effective, $U_T$**

tension entre des parties conductrices touchées simultanément

NOTE La valeur de la tension de contact effective peut être sensiblement influencée par l'impédance de la personne en contact électrique avec ces parties conductrices.

[VEI 195-05-11, modifiée]

### 3.7.15

#### **tension de contact présumée**

tension apparaissant entre des parties conductrices simultanément accessibles quand ces parties conductrices ne sont pas touchées

[VEI 195-05-09, modifiée]

### 3.7.16

#### **tension de pas, $U_S$**

tension entre deux points de la surface de la Terre distants de 1 m, ce qui est considéré comme la longueur de l'enjambée d'une personne

[VEI 195-05-12]

### 3.7.17

#### **transfert de potentiel**

élévation du potentiel de l'installation de mise à la terre provoquée par un courant à la terre transmis au moyen d'un conducteur (par exemple gaine métallique de câble, conducteur PEN, tuyau, rail) entre les zones avec faible élévation ou sans élévation de potentiel à la terre de référence, de sorte qu'une différence de potentiel puisse apparaître entre le conducteur et son environnement

NOTE Cela s'applique également à un conducteur venant de la terre de référence et conduisant à la zone de l'élévation de potentiel.

### 3.7.18

#### **tension de contrainte**

tension apparaissant dans des conditions de défaut à la terre entre une partie mise à la terre ou une enveloppe du matériel ou de l'appareil et une quelconque de ses parties qui pourrait affecter le fonctionnement normal ou la sécurité

### 3.7.19

#### **mise à la terre globale**

système équivalent de mise à la terre créé par l'interconnexion de prises de terre locales qui assure, par le voisinage des prises de terre, l'absence de tension de contact dangereuse. De telles mises à la terre permettent la répartition du courant de défaut à la terre de telle sorte que l'élévation de potentiel dans l'installation locale de mise à la terre est réduite.

NOTE Une telle mise à la terre pourrait former une surface quasi équipotentielle.

### 3.7.20

#### **conducteur de neutre HT mis à la terre en des points multiples**

conducteur neutre d'une ligne de distribution connecté à la prise de terre du transformateur et mis à la terre régulièrement

**3.7.13****potential**

voltage between an observation point and reference earth

**3.7.14****(effective) touch voltage,  $U_T$** 

voltage between conductive parts when touched simultaneously

NOTE The value of the effective touch voltage may be appreciably influenced by the impedance of the person in electric contact with these conductive parts.

[IEV 195-05-11, modified]

**3.7.15****prospective touch voltage**

voltage between simultaneously accessible conductive parts when those conductive parts are not being touched

[IEV 195-05-09, modified]

**3.7.16****step voltage,  $U_S$** 

voltage between two points on the Earth's surface that are 1 m distant from each other, which is considered to be the stride length of a person

[IEV 195-05-12]

**3.7.17****transferred potential**

potential rise of an earthing system caused by a current to earth transferred by means of a connected conductor (for example a metallic cable sheath, PEN conductor, pipeline, rail) into areas with low or no potential rise relative to reference earth resulting in a potential difference occurring between the conductor and its surroundings

NOTE The definition also applies where a conductor, which is connected to reference earth, leads into the area of the potential rise.

**3.7.18****stress voltage**

voltage appearing during earth fault conditions between an earthed part or enclosure of equipment or device and any other of its parts and which could affect its normal operation or safety

**3.7.19****global earthing system**

equivalent earthing system created by the interconnection of local earthing systems that ensures, by the proximity of the earthing systems, that there are no dangerous touch voltages. Such systems permit the division of the earth fault current in a way that results in a reduction of the earth potential rise at the local earthing system.

NOTE Such a system could be said to form a quasi equipotential surface.

**3.7.20****multi-earthed (multi-grounded) HV neutral conductor**

neutral conductor of a distribution line connected to the earthing system of the source transformer and regularly earthed

### **3.7.21**

#### **partie conductrice exposée**

partie conductrice d'un matériel, susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir lorsque l'isolation de base est défailante

[VEI 826-03-02, modifiée]

### **3.7.22**

#### **élément conducteur (étranger à l'installation électrique)**

élément ne faisant pas partie de l'installation électrique et susceptible de propager un potentiel électrique, généralement celui de la terre

[VEI 826-03-03, modifiée]

### **3.7.23**

#### **conducteur PEN**

conducteur combinant les fonctions de conducteur de protection de mise à la terre et de conducteur neutre

[VEI 826-04-06, modifiée]

### **3.7.24**

#### **défaut à la terre**

défaut dû à un conducteur ayant un point à la terre ou à une résistance d'isolement devenue inférieure à une valeur spécifiée

[VEI 151-03-40 (1978)]

NOTE Des défauts à la terre de deux ou plusieurs conducteurs de phase du même réseau en différents emplacements sont appelés défauts doubles ou multiples.

### **3.7.25**

#### **courant de défaut à la terre, $I_F$**

courant qui circule du circuit principal à la terre ou aux parties mises à la terre à l'emplacement du défaut.

Pour un défaut simple à la terre, ce courant est,

- dans les schémas avec neutre isolé, le courant capacitif de défaut à la terre;
- dans les schémas avec mise à la terre d'impédance élevée, le courant de défaut à la terre;
- dans les schémas avec neutre compensé, le courant résiduel de défaut à la terre;
- dans les schémas avec neutre faiblement impédant, le courant de court-circuit phase-terre

### **3.7.26**

#### **courant de circulation dans le neutre du transformateur**

partie du courant de défaut retournant au neutre du transformateur par les parties métalliques et/ou la prise de terre sans s'écouler dans le sol

### **3.7.27**

#### **chemin de contact**

tout matériau non métallique entre la peau nue et la prise de terre

## **4 Prescriptions fondamentales**

### **4.1 Généralités**

Les installations et les matériels doivent pouvoir supporter les contraintes électriques, mécaniques, climatiques et les influences externes prévisibles sur le site.

Les lois et règlements appropriés par les autorités compétentes doivent avoir la préséance.

**3.7.21****exposed conductive part**

conductive part of equipment which can be touched and which is not normally live, but which can become live when basic insulation fails

[IEV 826-03-02, modified]

**3.7.22****extraneous conductive part**

conductive part not forming part of the electrical installation and liable to introduce an electric potential, generally the electric potential of a local earth

[IEV 826-03-03, modified]

**3.7.23****PEN conductor**

conductor combining the functions of both protective earthing conductor and neutral conductor

[IEV 826-04-06, modified]

**3.7.24****earth/ground fault**

fault caused by a conductor being connected to earth or by the insulation resistance to earth becoming less than a specified value.

[IEV 151-03-40 (1978)]

NOTE Earth faults of two or several phase conductors of the same system at different locations are designated as double or multiple earth faults.

**3.7.25****earth fault current,  $I_F$** 

current which flows from the main circuit to earth or earthed parts at the fault location (earth fault location)

For single earth faults, this is,

- in systems with isolated neutral, the capacitive earth fault current;
- in systems with high resistive earthing, the earth fault current;
- in systems with resonant earthing, the earth fault residual current;
- in systems with solid or low impedance neutral earthing, the line-to-earth short-circuit current

**3.7.26****circulating transformer neutral current**

portion of fault current which flows back to the transformer neutral point via the metallic parts and/or the earthing system without ever discharging into soil

**3.7.27****contact path**

any non-metallic material between the bare skin and the earthing system

**4 Fundamental requirements****4.1 General**

Installations and equipment shall be capable of withstanding electrical, mechanical, climatic and environmental influences anticipated on site.

The relevant laws or regulations of an authority having jurisdiction shall have precedence.

## **4.2 Prescriptions électriques**

### **4.2.1 Méthodes de mise à la terre du neutre**

La méthode de mise à la terre du neutre d'un réseau est importante pour ce qui concerne les caractéristiques suivantes:

- le choix du niveau d'isolement,
- les caractéristiques des appareils limitant les surtensions, comme des parafoudres et des éclateurs,
- le choix des relais de protection.

Les schémas des liaisons à la terre sont de l'un des types suivants:

- schéma à neutre isolé;
- schéma à neutre compensé;
- schéma à la terre d'impédance élevée;
- schéma à neutre faiblement impédant.

### **4.2.2 Classification des tensions**

Les tableaux 1 et 2 ainsi que l'annexe A donnent les valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel et celles de la tension nominale du réseau.

Les installations et les matériels doivent être en mesure de supporter aussi bien les tensions assignées à fréquence industrielle que les surtensions temporaires à fréquence industrielle, les surtensions de manœuvre et les surtensions de foudre.

### **4.2.3 Courant en fonctionnement normal**

Tout réseau doit être conçu et mis en œuvre de manière que les valeurs de courant, dans les conditions normales de fonctionnement, ne dépassent pas les valeurs de courant assigné des matériels, ou les valeurs de courant admissible des composants pour lesquels aucune valeur du courant assigné n'est spécifiée.

NOTE Il convient de tenir compte des effets des courants harmoniques.

### **4.2.4 Courant de court-circuit**

**4.2.4.1** Les installations doivent être conçues, disposées et mises en œuvre pour pouvoir supporter sans dommage les contraintes mécaniques et thermiques provoquées par les courants de court-circuit.

**4.2.4.2** Dans le cadre de cette norme, tous les types de court-circuit doivent être pris en compte, par exemple

- défaut triphasé,
- défaut entre phases,
- défaut simple phase-terre,
- défaut double phase-terre.

Les installations doivent être protégées par des dispositifs automatiques pour interrompre les courts-circuits triphasés et entre phases.

Les installations doivent être équipées soit d'appareils automatiques pour couper les courants de défaut à la terre, soit d'appareils signalant toute condition de défaut à la terre. Le choix du dispositif dépend principalement de la conception de l'installation suivant le schéma des liaisons à la terre.

## **4.2 Electrical requirements**

### **4.2.1 Methods of neutral earthing**

The method of neutral earthing of a system is important with regard to the following:

- selection of insulation level;
- characteristics of overvoltage limiting devices such as spark gaps or surge arresters;
- selection of protective relays.

The following are examples of neutral earthing methods:

- isolated neutral;
- resonant earthing;
- high resistive earthing;
- solid (low impedance) earthing.

### **4.2.2 Voltage classification**

Standardized values of the highest voltage for equipment and of the nominal voltage of a system are given in tables 1 and 2 as well as in annex A.

Installations and equipment shall be capable of withstanding their rated power-frequency voltages as well as temporary power-frequency overvoltages, switching overvoltages and lightning overvoltages.

### **4.2.3 Current in normal operation**

Every system shall be designed and constructed so that currents under normal operating conditions do not exceed the rated currents of equipment or the admissible currents for components for which no rated current is specified.

NOTE Consideration should be given to the effect of harmonic currents.

### **4.2.4 Short-circuit current**

**4.2.4.1** Installations shall be designed, constructed and erected to safely withstand the mechanical and thermal effects resulting from short-circuit currents.

**4.2.4.2** For the purpose of this standard all types of short-circuit shall be considered, e.g.:

- three-phase;
- phase-to-phase;
- phase-to-earth;
- double phase-to-earth.

Installations shall be protected with automatic devices to disconnect three-phase and phase-to-phase short-circuits.

Installations shall be protected either with automatic devices to disconnect earth faults or to indicate the earth fault condition. The selection of the device is dependent upon the method of neutral earthing.

**4.2.4.3** La valeur normalisée de la durée assignée de court-circuit est de 1,0 s.

NOTE 1 Si une valeur différente de 1 s est appropriée, les valeurs recommandées seront de 0,5 s, 2,0 s ou 3,0 s.

NOTE 2 Il convient que la valeur normalisée soit déterminée en tenant compte du temps d'élimination des défauts.

**4.2.4.4** Les méthodes de calcul des courants de court-circuit dans les installations triphasées à courant alternatif sont décrites dans la CEI 60909.

**4.2.4.5** Les méthodes de calcul des effets des courants de court-circuit sont décrites dans la CEI 60865-1 et, pour les câbles d'énergie, dans la CEI 60949.

## **4.2.5 Fréquence assignée**

Les installations doivent être conçues en fonction de la fréquence assignée sous laquelle elles doivent fonctionner.

## **4.2.6 Effet couronne (Corona)**

Les installations doivent être conçues pour maintenir en dessous d'un niveau spécifié les radio-interférences dues aux champs électromagnétiques, par exemple causées par effet couronne.

NOTE 1 Les documents CISPR 18-1, CISPR 18-2 et CISPR 18-3 contiennent des recommandations en vue de minimiser les radio-interférences des installations à haute tension.

NOTE 2 Les niveaux maximaux autorisés des radio-interférences peuvent être fixés par les autorités nationales ou locales.

## **4.3 Prescriptions mécaniques**

### **4.3.1 Matériels et structures-supports**

Les matériels et les structures les soutenant, y compris les massifs de fondation, doivent être en mesure de supporter les contraintes mécaniques prévisibles.

Il est nécessaire de définir plusieurs combinaisons de contraintes, à partir desquelles sont établis les calculs de la contrainte totale résultante. Ces combinaisons doivent intégrer notamment les contraintes présentes dans tous les cas, aussi bien que celles résultant de conditions climatiques ou d'événements exceptionnels. Ces contraintes sont réparties en deux classifications. Dans chacune de ces classifications, plusieurs combinaisons doivent être analysées pour retenir celle qui est la plus contraignante pour la tenue mécanique des structures.

Pour la contrainte normale, les contraintes suivantes doivent être prises en considération:

- poids propre,
- contrainte de tension,
- contrainte de mise en œuvre,
- contrainte de glace,
- contrainte de vent.

NOTE 1 Il peut exister la nécessité de considérer les contraintes temporaires et les charges appliquées lors de la construction et de la maintenance. Des équipements particuliers peuvent être affectés par des charges cycliques (se référer aux normes concernant ces équipements particuliers).



**4.2.4.3** The standard value of rated duration of the short-circuit is 1,0 s.

NOTE 1 If a value other than 1 s is appropriate, recommended values would be 0,5 s, 2,0 s and 3,0 s.

NOTE 2 The rated duration should be determined taking into consideration the fault switching time.

**4.2.4.4** Methods for the calculation of short-circuit currents in three-phase a.c. systems are given in IEC 60909.

**4.2.4.5** Methods for the calculation of the effects of short-circuit current are given in IEC 60865-1 and, for power cables, in IEC 60949.

#### **4.2.5 Rated frequency**

Installations shall be designed for the rated frequency of the system in which they shall operate.

#### **4.2.6 Corona**

The design of installations shall be such that radio interference due to electromagnetic fields, e.g. caused by corona effects, will not exceed a specified level.

NOTE 1 Recommendations for minimizing the radio interference of high voltage installations are reported in CISPR 18-1, CISPR 18-2 and CISPR 18-3.

NOTE 2 Maximum permissible levels of radio interference may be given by national or local authorities.

### **4.3 Mechanical requirements**

#### **4.3.1 Equipment and supporting structures**

Equipment and supporting structures, including their foundations, shall withstand the anticipated mechanical stresses.

Several combinations of loads need to be assessed, on which calculations of the resulting total load shall be based. These combinations shall include normally occurring loads as well as loads that depend on climatic conditions or rare events. These loads shall be classified into two load cases. In each of these load cases several combinations shall be investigated, the most unfavourable of which shall be used to determine the mechanical strength of the structures.

In the normal load case, the following loads shall be considered:

- dead load;
- tension load;
- erection load;
- ice load;
- wind load.

NOTE 1 There may be a need to consider temporary stresses and loads that may be applied during construction or maintenance procedures. Specific equipment can be affected by cyclic loads (refer to specific equipment standards).

Pour le cas de contrainte exceptionnelle, le poids propre et les contraintes de tension combinées avec la plus grande des contraintes occasionnelles suivantes doivent être pris en considération:

- forces dues aux manœuvres,
- forces de court-circuit,
- perte de la tension d'un conducteur.

NOTE 2 Il est recommandé de prendre en compte la probabilité de risque sismique lors du calcul de charges exceptionnelles. Voir aussi 4.4.3.5.

#### **4.3.2 Contrainte de tension**

La contrainte de tension doit être calculée sur la base de la plus grande tension d'un conducteur soumis aux conditions locales les plus défavorables. A titre d'exemple, voici quelques combinaisons possibles:

- $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sans glace et sans vent,
- $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avec glace et sans vent,
- $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avec vent.

#### **4.3.3 Contrainte de mise en œuvre**

La contrainte de mise en œuvre est une force d'au moins 1,0 kN appliquée à l'endroit le plus contraignant d'un support, portique d'arrêt, etc.

#### **4.3.4 Contrainte de glace**

Dans les régions où peut se former de la glace, la contrainte qui en résulte sur les conducteurs souples comme sur les barres ou conducteurs rigides doit être prise en compte.

Si des relevés locaux ou des statistiques ne sont pas disponibles, des épaisseurs de glace de 1 mm, 10 mm ou 20 mm selon les critères donnés dans la CEI 60694 peuvent être prises en compte. La densité de la glace, telle qu'indiquée par la CEI 60826, est prise égale à  $900\text{ kg/m}^3$ .

#### **4.3.5 Contrainte de vent**

Les contraintes de vent qui peuvent être très différentes selon les caractéristiques topographiques du lieu et la hauteur de la structure au-dessus du sol doivent être prises en compte. La direction du vent la plus défavorable doit aussi être considérée.

La CEI 60694 donne des prescriptions pour les contraintes de vent relatives aux appareillages.

#### **4.3.6 Efforts dus aux manœuvres**

Les efforts dus aux manœuvres doivent être pris en compte au moment de la conception des supports dans les postes. Ces efforts doivent être déterminés par le constructeur du matériel.

#### **4.3.7 Forces de court-circuit**

Une estimation des forces de court-circuit peut être faite selon les méthodes de calcul présentées dans la CEI 60865-1.

NOTE La brochure technique de la CIGRÉ «Mechanical effects of short-circuit currents in open air substations» (Effets mécaniques des courants de court-circuit dans des postes ouverts) propose un complément d'information.

In the exceptional load case, dead load and tension load acting simultaneously with the largest of the following occasional loads shall be considered:

- switching forces;
- short-circuit forces;
- loss of conductor tension.

NOTE 2 The probability of earthquake loads should be considered in developing the exceptional load case. See also 4.4.3.5.

#### **4.3.2 Tension load**

The tension load shall be calculated from the maximum conductor tension under the most unfavourable local conditions. Possible combinations include, for example

- –20 °C without ice and without wind;
- –5 °C with ice and without wind;
- +5 °C with wind.

#### **4.3.3 Erection load**

The erection load is a load of at least 1,0 kN applied at the most critical position of a supporting structure, tensioning portal, etc.

#### **4.3.4 Ice load**

In regions where icing can occur, the resulting load on flexible conductors and on rigid busbars and conductors shall be taken into account.

If local experience or statistics are not available, ice coatings of 1 mm, 10 mm or 20 mm based on criteria given in IEC 60694 may be assumed. The density of the ice is assumed to be 900 kg/m<sup>3</sup> in accordance with IEC 60826.

#### **4.3.5 Wind load**

Wind loads, which can be very different depending on the local topographic influences and the height of the structures above the surrounding ground, shall be taken into account. The most unfavourable wind direction shall be considered.

IEC 60694 contains requirements for wind loading on switchgear and controlgear.

#### **4.3.6 Switching forces**

Switching forces shall be considered when designing supports. The forces shall be determined by the designer of the equipment.

#### **4.3.7 Short-circuit forces**

The mechanical effects of a short-circuit can be estimated by the methods detailed in IEC 60865-1.

NOTE The CIGRÉ technical brochure "Mechanical effects of short-circuit currents in open air substations" gives additional advice.

#### 4.3.8 Perte de la tension d'un conducteur

Une structure sur laquelle viennent s'accrocher des chaînes d'isolateurs doit être conçue pour résister à la suppression de la tension d'un conducteur, résultant de la rupture d'un isolateur ou d'un conducteur responsable de la contrainte la plus défavorable.

NOTE 1 En général, il est de pratique courante de retenir pour la base de calcul 0 °C, sans glace ni vent.

NOTE 2 Dans le cas de conducteurs en faisceau, la rupture d'un seul conducteur est envisagée.

#### 4.3.9 Vibrations

Les vibrations dues au vent, aux contraintes électromagnétiques et au trafic (par exemple routier ou ferroviaire temporaires) doivent être prises en compte. La capacité d'un matériel à résister aux vibrations doit être donnée par le constructeur.

#### 4.3.10 Dimensionnement des structures de support

Le dimensionnement des structures de support doit être établi en accord avec les codes et les normes applicables. Des coefficients de sécurité sont donnés dans des règlements nationaux.

### 4.4 Conditions climatiques et environnementales

#### 4.4.1 Généralités

Les installations, y compris les appareils et matériels auxiliaires qui font partie intégrante de celles-ci, doivent être conçues pour fonctionner dans les conditions de climat et d'environnement présentées ci-après. Il convient que les normes relatives aux appareils et matériels soient prises en compte.

#### 4.4.2 Conditions normales

##### 4.4.2.1 Intérieur

- a) La température ambiante de l'air ne dépasse pas 40 °C, et sa valeur moyenne, sur une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C.

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

Pour les matériels auxiliaires, tels que relais et contacteurs destinés à être utilisés à une température ambiante inférieure à –5 °C, un accord entre le constructeur et l'utilisateur est nécessaire.

- b) L'influence du rayonnement solaire peut être négligée.
- c) L'altitude ne dépasse pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.
- d) L'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par la poussière, la fumée, des gaz corrosifs et/ou inflammables, des décapeurs ou du sel.
- e) La valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, ne dépasse pas 95 %.

Dans ces conditions, une condensation peut apparaître de manière occasionnelle.

NOTE 1 Une condensation peut apparaître lors de variations subites au cours de périodes à fort taux d'humidité.

NOTE 2 Pour éviter le claquage de l'isolation et/ou la corrosion de parties métalliques en raison d'une humidité élevée ainsi que la condensation, il est recommandé que les matériels conçus pour de telles conditions et essayés en conséquence soient utilisés.

NOTE 3 La condensation peut être évitée par une conception particulière de l'enveloppe ou du bâtiment, par une ventilation adéquate et le chauffage du poste ou par l'utilisation d'un déshumidificateur.

#### **4.3.8 Loss of conductor tension**

A structure with tension insulator strings shall be designed to withstand the loss of conductor tension resulting from breakage of the insulator or conductor which gives the most unfavourable load case.

NOTE 1 General practice is to base the calculation on 0 °C, no ice and no wind load.

NOTE 2 For bundle conductors, only one subconductor is assumed to fail.

#### **4.3.9 Vibration**

Vibration caused by wind, electromagnetic stresses and traffic (e. g. temporary road and railway traffic) shall be considered. The withstand capability of equipment against vibrations shall be given by the manufacturer.

#### **4.3.10 Dimensioning of supporting structures**

The dimensioning of supporting structures shall be in accordance with applicable codes and standards. Security factors are given in national rules.

### **4.4 Climatic and environmental conditions**

#### **4.4.1 General**

Installations, including all devices and auxiliary equipment which form an integral part of them, shall be designed for operation under the climatic and environmental conditions listed below. Equipment product standards should be taken into account.

#### **4.4.2 Normal conditions**

##### **4.4.2.1 Indoor**

- 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 “–5 indoor”, –15 °C for class “–15 indoor” and –25 °C for class “–25 indoor”.

On auxiliary equipment, such as relays and control switches, intended to be used in ambient air temperature below –5 °C, an agreement between supplier and user is necessary.

- b) The influence of solar radiation may be neglected.
- c) The altitude does not exceed 1 000 m above sea level.
- d) The ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive and/or flammable gases, vapours or salt.
- e) The average value of the relative humidity, measured over a period of 24 h, does not exceed 95 %.

For these conditions condensation may occasionally occur.

NOTE 1 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 2 To avoid breakdown of insulation and/or corrosion of metallic parts due to high humidity and condensation, equipment designed for such conditions and tested accordingly should be used.

NOTE 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) Les vibrations dues à des causes extérieures aux matériels ou à des secousses de la terre sont négligeables.
- g) Il est recommandé de se reporter au guide CEI 107 pour les perturbations électromagnétiques.

#### 4.4.2.2 Extérieur

- a) La température ambiante de l'air ne dépasse pas 40 °C, et sa valeur moyenne, sur une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C.

La température minimale de l'air ambiant est de –10 °C pour la classe «–10 extérieur», –25 °C pour la classe «–25 extérieur», et de –40 °C pour la classe «–40 extérieur».

Il convient de prendre en compte des variations rapides de température.

Les matériels auxiliaires tels que relais et contacteurs, prévus pour être utilisés à des températures ambiantes de l'air inférieures à –5 °C, doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

- b) Il est recommandé de tenir compte du rayonnement solaire jusqu'à 1 000 W/m<sup>2</sup> (à midi par temps clair).

NOTE 1 Dans certaines conditions de rayonnement solaire, des mesures appropriées, par exemple toiture, ventilation forcée, etc. peuvent être nécessaires, ou un déclassement peut être utilisé afin de ne pas dépasser les élévations de températures spécifiées.

NOTE 2 Des informations sur le rayonnement solaire global sont données dans la CEI 60721-2-4.

NOTE 3 Le rayonnement UV peut endommager des matériaux synthétiques. Pour plus d'informations, voir la CEI 60068.

- c) L'altitude ne dépasse pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.
- d) L'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par la poussière, la fumée, des gaz corrosifs et/ou inflammables, de la vapeur ou du sel. La pollution ne dépasse pas le niveau de pollution II – Moyen – conformément au tableau 1 de la CEI 60071-2.
- e) La couche de glace ne dépasse pas 1 mm pour la classe 1, 10 mm pour la classe 10, et 20 mm pour la classe 20. Des informations complémentaires sont données en 4.3.4.
- f) La vitesse du vent ne dépasse pas 34 m/s (correspondant à 700 Pa sur des surfaces cylindriques).

NOTE Les caractéristiques du vent sont décrites dans la CEI 60721-2-2.

- g) Il convient de prendre en compte la présence de condensation ou de précipitation, qui peuvent se présenter sous forme de rosée, condensation, brouillard, pluie, neige, glace ou gelée.

NOTE Les caractéristiques de la précipitation pour l'isolation sont décrites dans la CEI 60060-1 et dans la CEI 60071-1. Pour les autres propriétés, les caractéristiques sont données dans la CEI 60721-2-2.

- h) Les vibrations dues à des causes externes pour les matériels et à des tremblements de terre sont négligeables.
- i) Il convient de considérer les perturbations électromagnétiques telles que décrites dans le Guide 107 de la CEI.

#### 4.4.3 Conditions particulières

##### 4.4.3.1 Généralités

Si des matériels à haute tension sont utilisés dans des conditions différentes que les conditions normales indiquées en 4.4.2, il convient que les prescriptions de l'utilisateur se réfèrent aux démarches normalisées données ci-après.

- f) Vibration due to causes external to the equipment or to earth tremors is negligible.
- g) Electromagnetic disturbances should be considered as described in IEC Guide 107.

#### **4.4.2.2 Outdoor**

- 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 “–10 outdoor”, –25 °C for class “–25 outdoor” and –40 °C for class “–40 outdoor”.

Rapid temperature changes should be taken into account.

Auxiliary equipment, such as relays and control switches, intended to be used in ambient air temperatures below –5 °C, shall be the subject of an agreement between supplier and user.

- b) Solar radiation up to a level of 1 000 W/m<sup>2</sup> (on a clear day at noon) should be considered.

NOTE 1 Under certain conditions of solar radiation, appropriate measures, for example roofing, forced ventilation, etc., may be necessary, or derating may be used in order not to exceed the specified temperature rises.

NOTE 2 Details of global solar radiation are given in IEC 60721-2-4.

NOTE 3 UV radiation can damage some synthetic materials. For more details, see IEC 60068.

- c) The altitude does not exceed 1 000 m above sea level.
- d) The ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt. Pollution does not exceed pollution level II – Medium, according to table 1 of IEC 60071-2.
- e) The ice coating does not exceed 1 mm for class 1, 10 mm for class 10 and 20 mm for class 20. Additional information is given in 4.3.4.
- f) The wind speed does not exceed 34 m/s (corresponding to 700 Pa on cylindrical surfaces).  
NOTE Characteristics of wind are described in IEC 60721-2-2.
- g) Account should be taken of the presence of condensation or precipitation. Precipitation in form of dew, condensation, fog, rain, snow, ice or hoar frost is to be taken into account.  
NOTE Precipitation characteristics for insulation are described in IEC 60060-1 and IEC 60071-1. For other properties, precipitation characteristics are described in IEC 60721-2-2.
- h) Vibration due to causes external to the equipment or to earth tremors is negligible.
- i) Electromagnetic disturbances should be considered as described in IEC Guide 107.

#### **4.4.3 Special conditions**

##### **4.4.3.1 General**

When high voltage equipment is used under conditions different from the normal environmental conditions given in 4.4.2, the user's requirements should refer to the standardized steps given in the following subclauses.

#### 4.4.3.2 Altitude

Pour des installations situées à une altitude supérieure à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer, le niveau d'isolement pour l'isolation extérieure dans des conditions atmosphériques normales doit être déterminé en multipliant la tension de tenue d'isolation prescrite pour les matériels à leur emplacement par un facteur  $K_a$  conformément à la CEI 60071-2.

NOTE 1 Pour une isolation interne sous pression, les caractéristiques diélectriques sont identiques, quelle que soit l'altitude, et aucune précaution particulière n'est requise.

NOTE 2 Pour les auxiliaires et contacteurs à basse tension, aucune précaution particulière n'est requise jusqu'à une altitude de 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. Pour des altitudes plus élevées, voir la CEI 60664-1.

NOTE 3 La CEI 60721-2-3 donne la variation de pression avec l'altitude. Concernant ce phénomène, les points suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière:

- échanges thermiques par convection, conduction ou rayonnement;
- rendement du chauffage ou de la climatisation;
- niveau de fonctionnement des appareils sous pression;
- rendement des ensembles de production ou des unités d'air comprimé;
- augmentation de l'effet couronne.

#### 4.4.3.3 Pollution

Pour les matériels situés dans l'air ambiant pollué, il convient qu'un niveau de pollution ambiant III (lourd) ou IV (très lourd), référé dans la CEI 60071-2, soit spécifié.

#### 4.4.3.4 Température et humidité

Pour les matériels situés en un emplacement où la température ambiante peut être très différente de celle du fonctionnement normal prévu en 4.4.2, il est recommandé que les gammes de températures minimales et maximales à spécifier soient celles qui suivent:

- 50 °C et +40 °C pour des climats très froids;
- 5 °C et +50 °C pour des climats très chauds.

Dans certaines régions avec apparitions fréquentes de vents humides et chauds, des variations brutales de température peuvent se produire entraînant la formation de condensation, y compris à l'intérieur.

Dans des conditions intérieures tropicales, la valeur moyenne mesurée de l'humidité relative pendant une période de 24 h peut être de 98 %.

#### 4.4.3.5 Vibrations

Il convient de traiter les vibrations dues à des causes externes conformément à la CEI 60721-2-6.

Les installations situées dans des régions à environnement sismique doivent être conçues en prenant en compte ces conditions. Cela doit être réalisé en appliquant les mesures qui suivent.

- a) Tout matériel individuel doit être conçu pour résister aux forces dynamiques dues aux mouvements verticaux et horizontaux du sol. Ces effets peuvent être modifiés par la réponse de la fondation et/ou des supports et/ou du sol supportant ces matériels. Le spectre du séisme doit être pris en compte lors de la conception des matériels.
- b) La disposition doit être choisie afin de limiter les charges suivantes à des valeurs acceptables:
  - les charges dues aux interconnexions entre des dispositifs adjacents devant supporter des mouvements, relativement importants, radiaux, axiaux, de torsion et autres, en tenant compte des diverses contraintes pouvant se développer durant un séisme;



#### 4.4.3.2 Altitude

For installations situated at an altitude higher than 1 000 m above sea level, 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 IEC 60071-2.

NOTE 1 For internal pressurized insulation, the dielectric characteristics are identical at any altitude and no special precautions need be taken.

NOTE 2 For low voltage auxiliary and control equipment, no special precautions need be taken if the altitude is lower than 2 000 m above sea level. For higher altitudes, see IEC 60664-1.

NOTE 3 The pressure variation due to altitude is given in IEC 60721-2-3. Regarding this phenomenon, particular attention should be devoted to the following points:

- thermal exchanges by convection, conduction or radiation;
- efficiency of heating or air-conditioning;
- operating level of pressure devices;
- efficiency of diesel generating set or compressed air station;
- increase of corona effect.

#### 4.4.3.3 Pollution

For equipment in polluted ambient air a pollution level III: heavy, or IV: very heavy, referred to in IEC 60071-2, should be specified.

#### 4.4.3.4 Temperature and humidity

For equipment in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 4.4.2, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be as follows:

- 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 %.

#### 4.4.3.5 Vibration

Vibration due to external causes should be dealt with in accordance with IEC 60721-2-6.

Installations situated in a seismic environment shall be designed to take this into account. This shall be achieved by applying the following measures.

- a) Any individual equipment shall be designed to withstand the dynamic forces resulting from the vertical and horizontal motions of the soil. These effects may be modified by the response of the foundation and/or the supporting frame and/or the floor in which this equipment is installed. The spectrum of the impulse earthquake shall be considered for the design of the equipment.
- b) The layout shall be chosen in order to limit the following loads to acceptable values:
  - loads due to interconnections between adjoining devices needing to accommodate large relatively axial, lateral, torsional or other movements, bearing in mind that other stresses may develop during an earthquake;

- les contraintes en fonctionnement des matériels pouvant être transmises par une fondation ou un plancher monolithique commun (par exemple ouverture/fermeture des disjoncteurs).

Si des spécifications de charge sont applicables à des travaux de génie civil ou à des matériels pouvant rencontrer des conditions sismiques, ces spécifications doivent être respectées.

## **4.5 Prescriptions particulières**

### **4.5.1 Présence de petits animaux et micro-organismes**

Si une activité biologique (due à des oiseaux, à d'autres petits animaux ou à des micro-organismes) peut créer un danger, des mesures doivent être prises pour éviter tous dommages. Ces mesures comprennent un choix approprié de matériaux, des dispositions pour empêcher l'accès, un chauffage et une ventilation adéquats (pour plus de détails, se reporter à la CEI 60721-2-7).

### **4.5.2 Niveau de bruit**

Si des limites de niveau de bruit sont imposées (en général administrativement), elles doivent être respectées par la mise en œuvre de mesures appropriées telles que

- l'adoption de techniques d'isolement phonique, contre toute forme de transmission du son par l'air ou des corps solides,
- l'utilisation de matériel à faible niveau de bruit.

La publication ISO 1996-1 spécifie des critères de bruit, en fonction du lieu et de l'heure.

## **5 Isolement**

Etant donné que les installations traditionnelles (isolées par l'air) ne peuvent faire l'objet d'essais pour tensions de tenue au choc, la disposition exige des espaces libres minimaux entre parties sous tension et la terre et entre les parties des phases sous tension afin d'éviter un contournement au-dessous du niveau de tenue au choc spécifié pour les composants de l'installation soumis à des essais individuels.

La coordination de l'isolement doit être conforme à la CEI 60071-1.

NOTE 1 La CEI 60071-1 établit un rapport entre les valeurs relatives à la plus haute tension pour les matériels  $U_m$  et les tensions nominales de tenue au choc dû à la foudre, ainsi qu'aux tensions nominales de tenue à fréquence industrielle de courte durée ou tensions nominales de tenue au choc dû à la commutation.

NOTE 2 Les tensions nominales normalisées sont également indiquées dans le tableau 2 de la CEI 60038 pour les systèmes de traction. Les autres valeurs pertinentes pour les systèmes de traction peuvent être interpolées à partir des valeurs du tableau 1 de la présente norme.

### **5.1 Choix du niveau d'isolement**

Le niveau d'isolement doit être choisi selon la tension la plus élevée établie pour les matériels  $U_m$  et/ou la tension de tenue au choc.

**5.1.1** Il convient que le choix soit fait premièrement pour assurer la fiabilité en service en tenant compte de la méthode de mise à la terre du neutre dans le système et des caractéristiques et emplacements des dispositifs de limitation des surtensions à installer.

**5.1.1.1** Dans les installations où un niveau élevé de sécurité est exigé ou dans lesquelles, en raison de la configuration du système, de la méthode adoptée pour la mise à la terre du neutre ou de la protection par des parafoudres, il est inapproprié d'abaisser le niveau d'isolement, l'une des valeurs alternatives les plus élevées des tableaux 1 et 2 et de l'annexe A doit être choisie.

- the service stresses of equipment, which may be transmitted through a common monolithic foundation or floor (for example opening/reclosing of circuit-breakers).

Where load specifications apply to the installation of civil work or equipment to meet seismic conditions, then these specifications shall be observed.

## **4.5 Special requirements**

### **4.5.1 Effects of small animals and micro-organisms**

If biological activity (through birds, other small animals or micro-organisms) is a hazard, measures against such damage shall be taken. These may include appropriate choice of materials, measure to prevent access and adequate heating and ventilating (for more detail see IEC 60721-2-7).

### **4.5.2 Noise level**

If noise level limits are given (usually by administrative authorities), they shall be achieved by appropriate measures such as

- using sound insulation techniques against sound transmitted through air or solids;
- using low noise equipment.

Criteria for noise evaluation for different places and different periods of day are given in ISO 1996-1.

## **5 Insulation**

As conventional (air insulated) installations cannot be impulse tested, the installation requires minimum clearances between live parts and earth and between live parts of phases in order to avoid flashover below the impulse withstand level specified for individual tested components of the installation.

Insulation coordination shall be in accordance with IEC 60071-1.

NOTE 1 IEC 60071-1 relates values for the highest voltage for equipment  $U_m$  to rated lightning impulse withstand voltages as well as rated short-duration power-frequency withstand voltages or rated switching impulse withstand voltages.

NOTE 2 Standard nominal voltages are also given in table 2 (traction systems) of IEC 60038. Other relevant values for traction systems can be interpolated from those in table 1 of this standard.

### **5.1 Selection of insulation level**

The insulation level shall be chosen according to the established highest voltage for equipment  $U_m$  and/or impulse withstand voltage.

**5.1.1** The choice should be made primarily to ensure reliability in service, taking into account the method of neutral earthing in the system and the characteristics and the locations of overvoltage limiting devices to be installed.

**5.1.1.1** In installations in which a high level of safety is required or in which the configuration of the system, the adopted method of neutral earthing or the protection by surge arresters make it inappropriate to lower the level of insulation, one of the higher alternative values of table 1 and table 2 and annex A shall be chosen.

**5.1.1.2** Dans les installations où, en raison de la configuration du système, de la méthode adoptée pour la mise à la terre du neutre ou de la protection par parafoudres, il est approprié d'abaisser le niveau d'isolement, les valeurs alternatives les plus basses des tableaux 1 et 2 et de l'annexe A sont suffisantes.

**5.1.2** Dans la plage de tensions I ( $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ ), le choix doit être basé sur les tensions nominales de tenue au choc dû à la foudre et les tensions nominales de tenue au choc à fréquence industrielle de courte durée du tableau 1; dans la plage de tensions II ( $U_m > 245 \text{ kV}$ ), le choix doit être basé sur les tensions nominales de tenue au choc dû à la commutation et les tensions nominales de tenue au choc dû à la foudre indiquées au tableau 2. Les valeurs des niveaux d'isolement nominal qui n'ont pas été normalisées par la CEI, mais qui se fondent sur les méthodes courantes dans certains pays, sont énumérées dans la liste de l'annexe A (tableaux A.1, A.2 et A.3).

## **5.2 Vérification des valeurs de tenue au choc**

**5.2.1** Si les espaces libres minimaux dans l'air indiqués aux tableaux 1 et 2 et à l'annexe A sont maintenus, il n'est pas nécessaire de réaliser des essais diélectriques.

**5.2.2** La capacité à tolérer des tensions d'essai du niveau d'isolement choisi doit être établie en appliquant les essais diélectriques appropriés conformément à la CEI 60060-1 pour les valeurs de tension de tenue au choc indiquées aux tableaux 1 et 2 et à l'annexe A.

**5.2.3** Si les espaces libres minimaux indiqués en 5.2.1 ne sont pas maintenus dans les parties ou les zones d'une installation, des essais diélectriques limités à ces parties ou à ces zones seront suffisants.

## **5.3 Espaces libres minimaux des parties sous tension**

**5.3.1** Les espaces libres minimaux dans l'air indiqués aux tableaux 1 et 2 et à l'annexe A s'appliquent pour des altitudes allant jusqu'à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer. Pour des altitudes plus élevées, voir 4.4.3.2.

NOTE 1 Les valeurs des tableaux 1 et 2 trouvent essentiellement leur origine dans la CEI 60038 et la CEI 60071-1.

NOTE 2 Certaines valeurs des espaces libres minimaux sont désignées par « N ». Il s'agit d'un symbole pour ces espaces libres minimaux sur la base desquels se fondent les distances de sécurité indiquées en 7.2.

**5.3.2** Dans la plage de tensions I (voir tableau 1), les espaces libres minimaux dans l'air se fondent sur des configurations défavorables des électrodes avec de petits rayons de courbure (c'est-à-dire plaque-tige).

Etant donné que dans ces plages de tensions, la tension nominale de tenue au choc dû à la foudre (LIWV) est la même pour l'isolement entre phase-phase et l'isolement phase-terre, les espaces libres minimaux s'appliquent aux deux distances d'isolement.

**5.3.3** Dans la plage de tensions II (voir tableau 2), les espaces libres minimaux dans l'air sont déterminés par la tension nominale de tenue au choc dû à la commutation (SIWV). Ils dépendent en grande partie des configurations des électrodes. En cas de difficulté pour classer la configuration des électrodes, il est recommandé de faire un choix sur la base des espaces libres entre phase et terre de la configuration la plus défavorable, telle que, par exemple, bras d'un isolateur par rapport à la construction de la tour (structure-tige).

**5.3.4** Si des parties d'une installation peuvent être séparées l'une de l'autre par un sectionneur, elles doivent être soumises à des essais à la tension nominale de tenue au choc pour la distance d'isolement (voir tableaux 1a et 1b ainsi que les tableaux 2a et 2b de la CEI 60694). Si entre de telles parties d'une installation, les espaces libres minimaux du tableau 1 pour les plages I, respectivement, les espaces libres minimaux entre phase et phase pour la plage II du tableau 2 sont augmentés de 25 % ou plus, il n'est pas nécessaire de réaliser des essais diélectriques.

**5.1.1.2** In installations in which the configuration of the system, the adopted method of neutral earthing or the protection by surge arresters make it appropriate to lower the level of insulation, the lower alternative values of table 1 and table 2 and annex A are sufficient.

**5.1.2** In the voltage range I ( $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ ) the choice shall be based on the rated lightning impulse withstand voltages and the rated short-duration power-frequency withstand voltages of table 1; in the voltage range II ( $U_m > 245 \text{ kV}$ ) the choice shall be based on the rated switching impulse withstand voltages and the rated lightning impulse withstand voltages given in table 2. Values of rated insulation levels not standardized by IEC but based on current practice in some countries are listed in annex A (tables A.1, A.2 and A.3).

## **5.2 Verification of withstand values**

**5.2.1** If the minimum clearances in air given in table 1 and table 2 and annex A are maintained, it is not necessary to apply dielectric tests.

**5.2.2** The ability to withstand the test voltages of the chosen insulation level shall be established by applying the appropriate dielectric tests in accordance with IEC 60060-1 for the withstand voltage values given in table 1 and table 2 and annex A.

**5.2.3** If the minimum clearances referenced in 5.2.1 are not maintained in parts or areas of an installation, dielectric tests restricted to these parts or areas will be sufficient.

## **5.3 Minimum clearances of live parts**

**5.3.1** The minimum clearances in air given in table 1 and table 2 and annex A apply for altitudes up to 1 000 m above sea level. For higher altitudes, see 4.4.3.2.

NOTE 1 The values in table 1 and table 2 have their origin primarily in IEC 60038 and IEC 60071-1.

NOTE 2 Some values of minimum clearances are designated as "N". This is a symbol for those minimum clearances on which safety distances as given in 7.2 are based.

**5.3.2** In the voltage range I (see table 1) the minimum clearances in air are based on unfavourable electrode configurations with small radii of curvature (that is rod-plate).

As in these voltage ranges the rated lightning impulse withstand voltage (LIWV) is the same as for the phase-phase insulation and phase-earth insulation, the clearances apply for both insulation distances.

**5.3.3** In voltage range II (see table 2) the clearances in air are determined by the rated switching impulse withstand voltage (SIWV). They substantially depend on the electrode configurations. In cases of difficulty in classifying the electrode configuration, it is recommended to make a choice based on the phase-to-earth clearances of the most unfavourable configuration such as, for example, the arm of an isolator against the tower construction (rod-structure).

**5.3.4** If parts of an installation can be separated from each other by a disconnector, they shall be tested at the rated impulse withstand voltage for the isolating distance (see tables 1a and 1b as well as tables 2a and 2b of IEC 60694). If between such parts of an installation the minimum clearances of table 1 for ranges I, respectively the minimum phase-to-phase clearances of table 2 for range II are increased by 25 % or more, it is not necessary to apply dielectric tests.

**Tableau 1 – Espaces libres minimaux dans l'air – Plage de tensions I**  
(1 kV <  $U_m \leq 245$  kV)

Plage de tensions	Tension nominale du système	Tension la plus élevée pour les matériels	Tension de tenue au choc à fréquence industrielle de courte durée	Tension de tenue au choc dû à la foudre <sup>a</sup>	Espace libre minimal entre phase et terre et entre phase et phase (N) <sup>c</sup>	
	$U_n$ eff.	$U_m$ eff.	Valeur efficace	1,2/50 $\mu$ s (valeur de crête)	Installations intérieures	Installations extérieures
	kV	kV	kV	kV	mm	mm
I	3	3,6	10	20 40	60 60	120 120
	6	7,2	20	40 60	60 90	120 120
	10	12	28	60 75 95	90 120 160	150 150 160
	15	17,5	38	75 95	120 160	160 160
	20	24	50	95 125 145	160 220 270	
	30	36	70	145 170	270 320	
	45	52	95	250	480	
	66	72,5	140	325	630	
	110	123	185 <sup>b</sup> 230	450 550	900 1 100	
	132	145	185 <sup>b</sup> 230 275	450 <sup>b</sup> 550 650	900 1 100 1 300	
	150	170	230 <sup>b</sup> 275 325	550 <sup>b</sup> 650 750	1 100 1 300 1 500	
	220	245	275 <sup>b</sup> 325 <sup>b</sup> 360 395 460	650 <sup>b</sup> 750 <sup>b</sup> 850 950 1 050	1 300 1 500 1 700 1 900 2 100	

<sup>a</sup> Le choc nominal dû à la foudre est applicable entre phase et phase et entre phase et terre.

<sup>b</sup> Si les valeurs sont considérées comme insuffisantes pour prouver que les tensions exigées de tenue au choc entre phase et phase sont obtenues, des essais supplémentaires de tenue au choc entre phase et phase sont nécessaires.

<sup>c</sup> Pour structure-tige.

**Table 1 – Minimum clearances in air – Voltage range I ( $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ )**

Voltage range	Nominal voltage of system	Highest voltage for equipment	Rated short-duration power-frequency withstand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage <sup>a</sup>	Minimum phase-to-earth and phase-to-phase clearance, $N^c$	
	$U_n$ r.m.s.	$U_m$ r.m.s.	r.m.s.	1,2/50 $\mu\text{s}$ (peak value)	Indoor installations	Outdoor installations
	kV	kV	kV	kV	mm	mm
I	3	3,6	10	20 40	60 60	120 120
	6	7,2	20	40 60	60 90	120 120
	10	12	28	60 75 95	90 120 160	150 150 160
	15	17,5	38	75 95	120 160	160 160
	20	24	50	95 125 145	160 220 270	
	30	36	70	145 170	270 320	
	45	52	95	250	480	
	66	72,5	140	325	630	
	110	123	185 <sup>b</sup> 230	450 550	900 1 100	
	132	145	185 <sup>b</sup> 230 275	450 <sup>b</sup> 550 650	900 1 100 1 300	
	150	170	230 <sup>b</sup> 275 325	550 <sup>b</sup> 650 750	1 100 1 300 1 500	
	220	245	275 <sup>b</sup> 325 <sup>b</sup> 360 395 460	650 <sup>b</sup> 750 <sup>b</sup> 850 950 1 050	1 300 1 500 1 700 1 900 2 100	

<sup>a</sup> The rated lightning impulse is applicable to phase-to-phase and phase-to-earth.

<sup>b</sup> If values are considered insufficient to prove that the required phase-to-phase withstand voltages are met, additional phase-to-phase withstand tests are needed.

<sup>c</sup> For rod-structure.

**Tableau 2 – Espaces libres minimaux dans l'air – Plage de tensions II ( $U_m > 245$  kV)**

Plage de tensions	Tension nominale du système	Tension la plus élevée pour le matériel <sup>c</sup>	Tension nominale de tenue au choc dû à la foudre <sup>a</sup>	Tension nominale de tenue au choc dû à la commutation	Espace libre minimal entre phase et terre		Tension nominale de tenue au choc dû à la commutation	Espace libre minimal entre phase et phase	
	$U_n$ eff.	$U_m$ eff.	1,2/50 $\mu$ s (valeur de crête)	Phase à terre 250/2 500 $\mu$ s (valeur de crête)	Conducteur – structure	Tige – structure N	Phase à phase 250/2 500 $\mu$ s (valeur de crête)	Parallèle conducteur – conducteur	Tige – conducteur
II	kV	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
	275	300	850/950	750	1 600 1 700 <sup>b</sup>	1 900	1 125	2 300	2 600
			950/1050	850	1 800 1 900 <sup>b</sup>	2 400	1 275	2 600	3 100
	330	362	950/1050	850	1800 1 900 <sup>b</sup>	2 400	1 275	2 600	3 100
			1 050/1 175	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600
	380	420	1 050/1 175	850	1 900 2 200 <sup>b</sup>	2 400	1 360	2 900	3 400
			1 175/1 300	950	2 200 2 400 <sup>b</sup>	2 900	1 425	3 100	3 600
			1 300/1 425	1050	2 600	3 400	1 575	3 600	4 200
	480	525 (550) <sup>c</sup>	1 175/1 300	950	2 200 2 400 <sup>b</sup>	2 900	1 616	3 700	4 300
			1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 680	3 900	4 600
			1 425/1 550	1 175	3 100	4 100	1 763	4 200	5 000
	700	765 (800) <sup>c</sup>	1 675/1 800	1 300	3 600	4 800	2 210	6 100	7 400
			1 800/1 950	1 425	4 200	5 600	2 423	7 200	9 000
			1 950/2 100	1 550	4 900	6 400	2 480	7 600	9 400

<sup>a</sup> La tenue nominale au choc dû à la foudre est applicable entre phase et phase et entre phase et terre.

<sup>b</sup> Espace libre minimal exigé pour la valeur supérieure de la tension nominale de tenue au choc dû à la foudre.

<sup>c</sup> L'introduction de  $U_m = 550$  kV (au lieu de 525 kV), 800 kV (au lieu de 765 kV), 1 200 kV, d'une valeur entre 765 kV et 1 200 kV, et des tensions nominales de tenue au choc associées, est à l'étude.

## 5.4 Espaces libres minimaux entre les parties dans des conditions spéciales

**5.4.1** Les espaces libres minimaux entre les parties d'une installation qui peuvent être soumises à une opposition de phases doivent être de 20 % supérieurs aux valeurs indiquées aux tableaux 1 et 2 et à l'annexe A.

**5.4.2** Les espaces libres minimaux entre les parties d'une installation auxquelles ont été affectés des niveaux d'isolement différents, doivent correspondre à 125 % ou plus de l'espace libre minimal du niveau d'isolement le plus élevé.

**5.4.3** Si les conducteurs oscillent sous l'influence de forces de court-circuit, un minimum doit être maintenu à 50 % au moins des espaces libres minimaux par rapport aux valeurs des tableaux 1 et 2 et de l'annexe A.



**Table 2 – Minimum clearances in air – Voltage range II ( $U_m > 245$  kV)**

Voltage range	Nominal voltage of system	Highest voltage for equipment <sup>c</sup>	Rated lightning impulse withstand voltage <sup>a</sup>	Rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase-to-earth clearance		Rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase-to-phase clearance	
	$U_n$ r.m.s.	$U_m$ r.m.s.	1,2/50 $\mu$ s (peak value)	Phase-to-earth 250/ 2 500 $\mu$ s (peak value)	Conductor – structure	Rod – structure $N$	Phase-to-phase 250/ 2 500 $\mu$ s (peak value)	Conductor – conductor parallel	Rod – conductor
	kV	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
II	275	300	850/950	750	1 600 1 700 <sup>b</sup>	1 900	1 125	2 300	2 600
			950/1 050	850	1 800 1 900 <sup>b</sup>	2 400	1 275	2 600	3 100
	330	362	950/1 050	850	1 800 1 900 <sup>b</sup>	2 400	1 275	2 600	3 100
			1 050/1 175	950	2 200	2 900	1 425	3 100	3 600
	380	420	1 050/1 175	850	1 900 2 200 <sup>b</sup>	2 400	1 360	2 900	3 400
			1 175/1 300	950	2 200 2 400 <sup>b</sup>	2 900	1 425	3 100	3 600
			1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 575	3 600	4 200
	480	525 (550) <sup>c</sup>	1 175/1 300	950	2 200 2 400 <sup>b</sup>	2 900	1 615	3 700	4 300
			1 300/1 425	1 050	2 600	3 400	1 680	3 900	4 600
			1 425/1 550	1 175	3 100	4 100	1 763	4 200	5 000
	700	765 (800) <sup>c</sup>	1 675/1 800	1 300	3 600	4 800	2 210	6 100	7 400
			1 800/1 950	1 425	4 200	5 600	2 423	7 200	9 000
			1 950/2 100	1 550	4 900	6 400	2 480	7 600	9 400

<sup>a</sup> The rated lightning impulse is applicable phase-to-phase and phase-to-earth.

<sup>b</sup> Minimum clearance required for upper value of rated lightning impulse withstand voltage.

<sup>c</sup> The introduction of  $U_m = 550$  kV (instead of 525 kV); 800 kV (instead of 765 kV); 1 200 kV, of a value between 765 kV and 1 200 kV, and of the associated rated withstand voltages, is under consideration.

## 5.4 Minimum clearances between parts under special conditions

**5.4.1** The minimum clearances between parts of an installation which may be subject to phase opposition shall be 20 % higher than the values given in table 1 and table 2 and annex A.

**5.4.2** Minimum clearances between parts of an installation, which are assigned to different insulation levels, shall be at least 125 % of the clearances of the higher insulation level.

**5.4.3** If conductors swing under the influence of short-circuit forces, 50 % of the minimum clearances of table 1 and table 2 and annex A shall be maintained as a minimum.

**5.4.4** Si les conducteurs oscillent sous l'influence du vent, un minimum doit être maintenu à 75 % des espaces libres minimaux par rapport aux valeurs des tableaux 1 et 2 et de l'annexe A.

**5.4.5** En cas de rupture d'une sous-chaîne dans une chaîne d'isolateurs multiples, un minimum doit être maintenu à 75 % des espaces libres minimaux par rapport aux valeurs des tableaux 1 et 2 et de l'annexe A.

**5.4.6** Si ni le point du neutre ni un conducteur de phase n'est effectivement mis à la terre dans une installation qui est alimentée à travers des autotransformateurs, l'isolement du côté de la tension la plus basse doit avoir une valeur nominale conforme à la plus haute tension des matériels du côté de la tension la plus élevée. Il convient de veiller à ce que l'isolement des points du neutre soit effectué conformément à la méthode de mise à la terre du neutre.

## **5.5 Zones de connexion essayées**

Les informations concernant les conditions de montage et de service fournies par le fabricant doivent être respectées sur le site.

NOTE Dans les zones de connexion essayées, les espaces libres minimaux conformes aux tableaux 1 et 2 et à l'annexe A n'ont pas besoin d'être maintenus étant donné que la capacité de supporter la tension d'essai a été établie au cours d'un essai de type diélectrique.

## **6 Matériels**

### **6.1 Exigences générales**

#### **6.1.1 Choix**

Les matériels doivent être choisis et installés de façon qu'ils satisfassent aux exigences suivantes:

- a) construction sans danger lorsque les matériels sont assemblés, installés et branchés de manière appropriée à la source d'alimentation;
- b) performance appropriée et sûre en tenant compte des influences extérieures auxquelles on peut s'attendre à l'emplacement prévu;
- c) performance appropriée et sûre pendant le fonctionnement normal et en cas de conditions raisonnablement prévues des surcharges, de fonctionnement anormal et de panne, sans qu'il en résulte de détériorations qui rendraient les matériels dangereux;
- d) protection du personnel pendant l'utilisation et la maintenance des matériels.

#### **6.1.2 Conformité**

Les matériels doivent être conformes aux normes CEI pertinentes en prenant particulièrement en compte le Guide CEI 107 et le Guide ISO/CEI 51.

#### **6.1.3 Sécurité du personnel**

Il faut veiller tout particulièrement à la sécurité du personnel au cours de l'installation, du fonctionnement et de la maintenance des matériels.

Cela peut inclure ce qui suit:

- a) des manuels et des instructions concernant le transport, l'entreposage, l'installation, l'exploitation et la maintenance;
- b) des outils spéciaux exigés par le fonctionnement, la maintenance et les essais;
- c) des méthodes de travail sans danger, établies pour des emplacements spécifiques.

**5.4.4** If conductors swing under the influence of wind, 75 % of the minimum clearances of table 1 and table 2 and annex A shall be maintained as a minimum.

**5.4.5** In case of rupture of one sub-chain in a multiple insulator chain, 75 % of the minimum clearances of table 1 and table 2 and annex A shall be maintained as a minimum.

**5.4.6** If neither the neutral point nor a phase conductor is effectively earthed in an installation that is fed via auto transformers, the insulation of the lower voltage side shall be rated according to the highest voltage for equipment on the higher voltage side. Attention should be paid to neutral point insulation according to the method of neutral earthing.

## **5.5 Tested connection zones**

Information on mounting and service conditions supplied by the manufacturer shall be observed on site.

NOTE In tested connection zones, the minimum clearances according to table 1 and table 2 and annex A need not be maintained because the ability to withstand the test voltage is established by a dielectric type test.

## **6 Equipment**

### **6.1 General requirements**

#### **6.1.1 Selection**

Equipment shall be selected and installed to satisfy the following requirements:

- a) safe construction when properly assembled, installed and connected to supply;
- b) safe and proper performance taking into account the external influences that can be expected at the intended location;
- c) safe and proper performance during normal operation and in the event of reasonably expected conditions of overload, abnormal operation and fault, without resulting in damage that would render the equipment unsafe;
- d) protection of personnel during use and maintenance of the equipment.

#### **6.1.2 Compliance**

Equipment shall comply with the relevant IEC standards with particular attention to IEC Guide 107 and ISO/IEC Guide 51.

#### **6.1.3 Personnel safety**

Particular attention shall be given to the safety of personnel during the installation, operation and maintenance of equipment.

This may include

- a) manuals and instructions for transport, storage, installation, operation and maintenance;
- b) special tools required for operation, maintenance and testing;
- c) safe working procedures developed for specific locations.

## **6.2 Exigences spécifiques**

### **6.2.1 Dispositifs de commutation**

**6.2.1.1** Une disposition doit être prévue pour indiquer la position des contacts du matériel de sectionnement (y compris appareils de mise à la terre). Il est recommandé que la méthode d'indication, en conformité avec le matériel normalisé, soit spécifiée par l'utilisateur.

L'indicateur de position doit fournir une indication précise de la position réelle des contacts primaires des matériels.

Le dispositif indicateur de position ouverte/fermée doit être facilement visible pour l'opérateur.

**6.2.1.2** Des appareils de sectionnement et de mise à la terre doivent être installés de façon qu'ils ne puissent pas être mis en fonctionnement par inadvertance par tension ou par pression exercée manuellement sur les enchaînements opérationnels.

**6.2.1.3** Lorsque l'utilisateur le spécifie, des appareils de verrouillage et/ou d'enclenchement doivent être fournis afin d'éviter toute opération défectueuse.

**6.2.1.4** Si un système d'enclenchement est prévu afin d'empêcher le dispositif de mise à la terre de supporter la totalité du courant de court-circuit, il est permis, après accord avec l'utilisateur, de spécifier une valeur nominale réduite pour cet appareil qui reflète sa contrainte éventuelle de courant de court-circuit.

**6.2.1.5** Les matériels doivent être installés d'une manière telle que le gaz ionisé libéré pendant la commutation n'entraîne pas de détériorations des matériels ou de dangers pour le personnel d'exploitation.

NOTE Le mot «détérioration» est considéré signifier n'importe quel défaut du matériel qui nuit à son bon fonctionnement.

### **6.2.2 Transformateurs de puissance et réactances**

**6.2.2.1** Sauf indications contraires déclarées, ce paragraphe s'applique tant aux transformateurs qu'aux réactances bien qu'il ne soit fait mention dans le texte qu'aux transformateurs.

Les principaux critères de choix pour les transformateurs sont indiqués dans les articles 4 et 8.

**6.2.2.2** Les transformateurs sont classés en tenant compte du diélectrique en contact avec l'enroulement et du type de refroidissement intérieur ou extérieur, tel que décrit à l'article 3 de la CEI 60076-2.

**6.2.2.3** Lors de la conception de l'installation des transformateurs ou réactances, la possibilité de propagation des incendies (voir 8.6) doit être prise en considération. De façon analogue et si cela s'avère nécessaire, des moyens de limiter le niveau des bruits doivent être mis en place (voir 4.5.2).

**6.2.2.4** Pour les transformateurs installés à l'intérieur, une ventilation adéquate doit être fournie (voir 7.5.7).

**6.2.2.5** Les eaux (nappes phréatiques, eaux de ruissellement et eaux usées) ne doivent pas être contaminées par les installations des transformateurs. Cet objectif doit être atteint par le choix de la conception du type de transformateur et/ou des dispositions du site. Pour les mesures, voir 8.7.

## **6.2 Specific requirements**

### **6.2.1 Switching devices**

**6.2.1.1** A facility shall be provided to indicate the contact position of the interrupting or isolating equipment (including earthing switches). The method of indication in accordance with the equipment standard should be specified by the user.

The position indicator shall provide an unambiguous indication of the actual position of the equipment primary contacts.

The device indicating the open/close position shall be easily visible to the operator.

**6.2.1.2** Disconnectors and earthing switches shall be installed in such a way that they cannot be inadvertently operated by tension or pressure exerted manually on operating linkages.

**6.2.1.3** Where specified by the user, interlocks and/or locking facilities shall be provided to prevent maloperation.

**6.2.1.4** If an interlocking system is provided which prevents the earthing switch from carrying the full short-circuit current, it is permissible, by agreement with the user, to specify a reduced rating for the switch which reflects its possible short-circuit-current stress.

**6.2.1.5** Equipment shall be installed in such a way that ionized gas released during switching does not result in damage to the equipment or in danger to operating personnel.

NOTE The word 'damage' is considered to be any failure of the equipment which impairs its function.

### **6.2.2 Power transformers and reactors**

**6.2.2.1** Unless otherwise stated, this subclause applies both to transformers and reactors even if only transformers are referred to in the text.

The main selection criteria for transformers are given in clauses 4 and 8.

**6.2.2.2** The transformers are classified taking into account the dielectric in contact with winding and the type of internal or external cooling as described in clause 3 of IEC 60076-2.

**6.2.2.3** When designing the transformer or reactor installation, the possibility of fire propagation (see 8.6) shall be considered. Similarly, means shall be implemented to limit, if necessary, the acoustic noise level (see 4.5.2).

**6.2.2.4** For transformers installed indoors, suitable ventilation shall be provided (see 7.5.7).

**6.2.2.5** Water (ground water, surface water and waste water) shall not be polluted by transformer installations. This shall be achieved by the choice of the design of transformer type and/or site provisions. For measures see 8.7.

**6.2.2.6** S'il est nécessaire de prélever des échantillons (échantillons d'huile) ou de lire les données des appareils de surveillance continue (tels qu'indicateurs de niveau des fluides, de température ou de pression) qui sont importants pour le fonctionnement du transformateur, alors que le transformateur est sous tension, il doit être possible de réaliser ces opérations en toute sécurité et sans aucune détérioration des matériels.

**6.2.2.7** Des réactances à noyau d'air doivent être installées de telle façon que le champ magnétique du courant de court-circuit ne soit pas en mesure d'attirer des objets dans la bobine. Les matériels voisins doivent être conçus de manière à résister aux forces électromagnétiques résultantes. Les pièces métalliques voisines, telles que renforcements de fondations, clôtures et grilles de mise à la terre, ne doivent pas être soumises à une montée en température excessive dans des conditions de charge normales.

**6.2.2.8** Il est recommandé que le risque de détérioration des transformateurs dû à des contraintes excessives résultant de la ferrorésonance, des harmoniques et d'autres causes soit minimisé grâce à des études et des mesures appropriées du système.

### **6.2.3 Appareillage à enveloppe métallique isolée au gaz (GIS), appareillage à enveloppe métallique, appareillage à enveloppe d'isolement et autres ensembles d'appareillages préfabriqués homologués**

Les exigences concernant l'installation sont indiquées dans l'article 7. En ce qui concerne la sécurité du personnel et la manipulation des gaz, se référer à 8.7.3 et à 9.4.

### **6.2.4 Transformateurs de mesure**

Les circuits secondaires des transformateurs de mesure doivent être reliés à la terre ou les circuits secondaires doivent être séparés par des écrans métalliques mis à la terre conformément aux recommandations de l'article 10.

Le point du circuit secondaire qui peut être mis à la terre doit être déterminée de façon telle que toute interférence électrique soit évitée.

Les transformateurs de mesure doivent être installés de façon que leurs bornes du secondaire soient facilement accessibles lorsque l'ensemble de l'appareillage est mis hors tension.

#### **6.2.4.1 Transformateurs de courant**

Le facteur nominal de surintensité de courant et la charge nominale doivent être choisis de manière à assurer un fonctionnement approprié des dispositifs de protection et à éviter la détérioration des appareils de mesure en cas de court-circuit.

Dans les réseaux à haute tension où la constante de temps primaire est longue et où s'effectue un réenclenchement, il est recommandé de tenir compte de la contrainte transitoire due à la partie apériodique du courant de court-circuit. Il y a lieu de prendre en considération les recommandations de la CEI 60044-6.

Si des instruments de mesure sont également branchés aux noyaux de protection des transformateurs de courant, les instruments de mesure doivent, si nécessaire, être protégés contre les détériorations résultant de forts courants de court-circuit au moyen de transformateurs auxiliaires appropriés.

Si nécessaire, un écran efficace entre les circuits primaire et secondaire doit être fourni afin de réduire les surtensions provisoires sur les circuits secondaires découlant des opérations de commutation.

**6.2.2.6** If it is necessary to take samples (oil sampling) or to read monitoring devices (such as fluid level, temperature, or pressure), which are important for the operation of the transformer whilst the transformer is energized, it shall be possible to perform this safely and without damage to the equipment.

**6.2.2.7** Air-core reactors shall be installed in such a way that the magnetic field of the short-circuit current will not be capable of drawing objects into the coil. Adjacent equipment shall be designed to withstand the resulting electromagnetic forces. Adjacent metal parts such as foundation reinforcements, fences and earthing grids shall not be subject to excessive temperature rise under normal load conditions.

**6.2.2.8** The risk of damage to transformers from overstresses resulting from ferroresonance, harmonics and other causes should be minimized by appropriate system studies and measures.

**6.2.3 Gas insulated metal-enclosed switchgear (GIS), metal-enclosed switchgear, insulation-enclosed switchgear and other prefabricated type-tested switchgear assemblies**

The requirements for installation are given in clause 7. For safety of personnel and gas handling, refer to 8.7.3 and 9.4.

**6.2.4 Instrument transformers**

The secondary circuits of instrument transformers shall be bonded to earth, or the secondary circuits shall be segregated by earthed metallic screening, in accordance with the recommendations of clause 10.

The earthable point of the secondary circuit shall be determined in such a way that electrical interference is avoided.

Instrument transformers shall be installed in such a way that their secondary terminals are easily accessible when the switchgear assembly has been de-energized.

**6.2.4.1 Current transformers**

The rated overcurrent factor and the rated burden shall be selected so as to ensure correct functioning of the protective equipment and prevent damage to measuring equipment in the event of a short-circuit.

In high voltage networks where the primary time constant is long and where reclosing is practiced, it is recommended that the transient stress due to the aperiodic portion of the short-circuit current be taken into account: the recommendations of IEC 60044-6 should be considered.

If measuring devices are also connected to protective current transformer cores, the measuring devices shall, if necessary, be protected against the damage resulting from large short-circuit currents by means of suitable auxiliary transformers.

If necessary, an effective screen between the primary and secondary circuit shall be provided for the reduction of the transient overvoltages on secondary circuits arising from the switching operation.

Pour assurer la protection contre les surtensions dangereuses, des dispositions doivent être prises afin de faciliter la mise en court-circuit des enroulements du secondaire des transformateurs de courant.

#### **6.2.4.2 Transformateurs de tension**

Les transformateurs de tension doivent être choisis de sorte que la précision et la sortie nominales soient appropriées aux matériels branchés et au câblage. Les effets du phénomène de ferorésonance qui se produit doivent être pris en compte.

Le côté du secondaire des transformateurs de tension doit être protégé contre les effets des courts-circuits et il est recommandé que ces dispositifs de protection soient surveillés en permanence.

#### **6.2.5 Limiteurs de surtensions**

**6.2.5.1** Si des appareils de surveillance continue sont fournis dans le conducteur de terre des limiteurs de surtensions de type non linéaire à résistance, à ce moment-là, le conducteur entre un limiteur de surtensions et l'appareil de surveillance doit être protégé de façon à éviter qu'il ne soit touché. Il doit être possible de lire les données des appareils de surveillance lorsque les appareils sont sous tension.

**6.2.5.2** Les limiteurs de surtensions doivent être conçus ou positionnés de manière à assurer la sécurité du personnel en cas de rupture du logement ou du fonctionnement de n'importe quel dispositif de décompression.

#### **6.2.6 Condensateurs**

Le risque de résonance et de surtensions dû aux harmoniques doit être pris en compte, et des moyens appropriés de le limiter doivent être adoptés.

**6.2.6.1** L'augmentation de la tension due aux réactances inductives branchées en série, telles qu'inductances d'amortissement et circuits de filtres ou de fréquences sonores, doit être prise en compte lors du choix de la tension nominale et de la capacité de courant des condensateurs.

**6.2.6.2** Des condensateurs de couplage, de mesure et de protection contre les surtensions, doivent être choisis conformément à la tension nominale de l'appareillage, même si la tension d'exploitation est plus faible.

**6.2.6.3** La décharge des condensateurs de puissance doit être garantie sans danger. Les appareils de décharge doivent être en mesure d'assurer le fonctionnement du point de vue thermique et mécanique.

**6.2.6.4** Les dispositifs de mise en court-circuit et de mise à la terre fournis pour une batterie de condensateurs doivent tenir compte de l'interconnexion des appareils au sein de la batterie, des résistances de décharge et du type de fusibles.

#### **6.2.7 Circuit-bouchon**

Il convient que la largeur de bande soit déterminée conformément à l'allocation de fréquence du réseau.

#### **6.2.8 Isolateurs**

**6.2.8.1** Sauf prescriptions contraires, la distance de fuite minimale spécifique des isolateurs doit être conforme aux recommandations de la CEI 60815 en ce qui concerne le niveau de pollution spécifié par l'utilisateur.



To protect against dangerous overvoltages, provisions shall be made to facilitate shorting the secondary windings of current transformers.

#### **6.2.4.2 Voltage transformers**

Voltage transformers shall be selected in such a way that the nominal output and accuracy are adequate for the connected equipment and wiring. The effects of ferroresonance shall be considered.

The secondary side of voltage transformers shall be protected against the effects of short-circuits, and it is recommended that protective devices be monitored.

#### **6.2.5 Surge arresters**

**6.2.5.1** If monitors are provided in the earth conductor of non-linear resistor type arresters, then the conductor between an arrester and the monitor shall be protected to prevent it being touched. It shall be possible to read the monitors and any counters with the equipment energized.

**6.2.5.2** Surge arresters shall be designed or positioned in such a way as to provide personnel safety in case of breaking of the housing or operating of any pressure relief device.

#### **6.2.6 Capacitors**

The risk of resonance and overvoltages due to harmonics shall be taken into consideration, and appropriate means for limitation of this risk shall be provided.

**6.2.6.1** For the selection of the nominal voltage and the current capacity of capacitors, the voltage increase caused by inductive reactances connected in series such as damping reactors and sound frequency or filter circuits shall be considered.

**6.2.6.2** Capacitors for coupling, voltage measuring and over-voltage protection shall be selected according to the rated voltage of the switchgear, even if the operating voltage is lower.

**6.2.6.3** Safe discharge of power capacitors shall be guaranteed. Discharge units shall be thermally and mechanically capable of carrying out their task.

**6.2.6.4** The short-circuiting and earthing facilities provided for a capacitor bank shall take into account the interconnection of units within the bank, the discharge resistors and the type of fusing.

#### **6.2.7 Line traps**

The bandwidth should be determined in accordance with the network frequency allocation.

#### **6.2.8 Insulators**

**6.2.8.1** Unless otherwise specified, the minimum specific creepage distance of insulators shall comply with the recommendations of IEC 60815 for the level of pollution specified by the user.

**6.2.8.2** Les exigences de la méthode d'essai humide de la CEI 60694 doivent s'appliquer à tous les isollements extérieurs.

Les profils et/ou les exigences de performance relatifs aux isolateurs extérieurs dans des conditions de pollution ou d'humidité importante peuvent être spécifiés par l'utilisateur.

## **6.2.9 Câbles isolés**

### **6.2.9.1 Température**

Les câbles isolés doivent être choisis et posés de sorte que la température maximale autorisée ne soit pas dépassée en ce qui concerne les conducteurs, leur isolement, les connexions, les bornes des matériels ou les environnements dans les conditions suivantes:

- a) fonctionnement normal;
- b) fonctionnement dans des conditions particulières, soumis à un accord entre le fournisseur et l'utilisateur;
- c) court-circuit.

En raison du branchement d'un câble aux matériels (par exemple moteurs, disjoncteurs), ce câble ne doit pas être soumis à des températures plus élevées que celles autorisées pour le câble dans des conditions opérationnelles prévisibles.

### **6.2.9.2 Contrainte due aux changements de température**

On doit tenir compte de la contrainte subie par les matériels en raison des changements de température sur la longueur des conducteurs. Si nécessaire, la contrainte doit être éliminée au moyen de mesures appropriées (par exemple connexions flexibles, embouts de dilatation ou serpentés). Si ces mesures ne sont pas adoptées, on doit tenir compte des forces supplémentaires dues aux changements de température lors de la vérification de la résistance mécanique des matériels.

### **6.2.9.3 Câbles rampants et à bobinage flexible**

Les câbles rampants et à bobinage flexible doivent être choisis conformément aux exigences et conditions suivantes:

- a) des câbles rampants ou des câbles ayant des caractéristiques électriques et mécaniques au moins équivalentes doivent être utilisés pour fournir l'énergie aux matériels de levage, mobiles ou amovibles;
- b) dans le cas de contraintes mécaniques plus importantes, par exemple lorsque les câbles sont soumis à l'abrasion, la tension, la déflexion ou l'enroulement en cours de fonctionnement, des câbles rampants à double gaine ou des câbles ayant des caractéristiques électriques ou mécaniques au moins équivalentes doivent être utilisés;
- c) les câbles isolés destinés à l'alimentation en énergie de matériels de levage mobiles ou amovibles doivent être équipés d'un conducteur de protection de mise à la terre;
- d) la conception d'une quelconque connexion, qu'il s'agisse d'un raccord, d'une terminaison ou d'un autre agencement de la connexion, doit être telle qu'au cas où une contrainte serait appliquée sur le câble, le conducteur de protection doit être le dernier élément à s'en détacher ou à s'en séparer;
- e) les câbles isolés qui doivent être enroulés sur un tambour doivent être dimensionnés de façon telle que, lorsque le conducteur est totalement enroulé et soumis à la charge nominale normale, la montée en température maximale autorisée ne soit pas dépassée.

**6.2.8.2** The requirements of the wet test procedure of IEC 60694 shall apply for all external insulation.

Insulator profiles and/or requirements for performance of outdoor insulators in polluted or heavy wetting conditions may be specified by the user.

## **6.2.9 Insulated cables**

### **6.2.9.1 Temperature**

Insulated cables shall be selected and laid in such a way that the maximum permitted temperature is not exceeded for conductors, their insulation, the connections, the equipment terminals or the surroundings under the following conditions:

- a) normal operation;
- b) special operating conditions, subject to previous agreement between the supplier and the user;
- c) short-circuit.

The connection of a cable to equipment (for example motors, circuit-breakers) shall not result in the cable being subjected to temperatures higher than those admissible for the cable in the foreseeable operating conditions.

### **6.2.9.2 Stress due to temperature changes**

The stress on equipment due to temperature-dependent changes in the length of conductors shall be taken into account. If necessary, the stress shall be relieved by suitable measures (for example flexible connections, expansion terminations or snaking). If these measures are not taken, the additional forces due to temperature changes shall be taken into account during verification of the mechanical strength of the equipment.

### **6.2.9.3 Flexible reeling and trailing cables**

Flexible reeling and trailing cables shall be selected in accordance with the following requirements and conditions:

- a) trailing cables or cables having at least equivalent mechanical and electrical characteristics shall be used for supplying power to hoisting, mobile or moveable equipment;
- b) in the case of more severe mechanical stress, for example where the cables are subject to abrasion, tension, deflection or winding during operation, double-sheathed trailing cables or cables with at least equivalent mechanical and electrical characteristics shall be used;
- c) insulated cables for the power supply of hoisting, mobile or moveable equipment shall contain a protective earth conductor;
- d) the design of any connection, be it a joint, termination or other connection arrangement shall be such that in the event of a strain being placed upon the cable the protective conductor shall be the last to part or separate;
- e) insulated cables which are to be wound on a drum shall be dimensioned so that when the conductor is fully wound and subject to the normal service loading, the maximum permitted temperature is not exceeded.

Les embouts des câbles souples d'enroulage et de remorquage ne doivent pas être soumis à des tensions ou des compressions; les gaines des câbles doivent être protégées contre le déchirement et les embouts contre les torsions. Les embouts doivent être conçus de manière que les câbles ne se vrillent pas.

#### **6.2.9.4 Traversées et proximités**

Lorsque des câbles isolés traversent ou se trouvent près de canalisations de gaz, d'eau ou autres, un espace libre minimal approprié doit être maintenu entre les câbles et les canalisations. Lorsque cet espace libre minimal ne peut être maintenu, on doit empêcher que les câbles et les canalisations n'entrent en contact, par exemple en insérant des coques ou des plaques d'isolement. Ces mesures doivent être coordonnées avec l'opérateur de la canalisation. Dans le cas d'un long routage parallèle, on doit effectuer un calcul de la surcharge induite sur la canalisation pendant un court-circuit. Il peut s'avérer nécessaire de déterminer des mesures appropriées (par exemple un routage alternatif pour les câbles ou les canalisations ou un plus grand espace libre entre les câbles et les canalisations).

Lorsque des câbles traversent ou sont proches d'installations de télécommunications, un espace libre minimal approprié doit être maintenu entre les câbles et les installations de télécommunications.

Dans le cas d'un long routage parallèle, la surtension induite sur l'installation de télécommunications pendant un court-circuit doit être calculée (comme guide, se référer aux directives de l'UIT). Il peut s'avérer nécessaire d'adopter des mesures appropriées afin de réduire cette surtension (un routage alternatif pour les câbles ou les installations de télécommunications, un plus grand espace libre entre les câbles et les installations de télécommunications).

Lorsque des câbles isolés traversent ou se trouvent près d'autres câbles isolés, les effets thermiques réciproques doivent être calculés afin de déterminer l'espace libre minimal entre les câbles ou de déterminer d'autres mesures appropriées (par exemple dératage). Les câbles doivent être installés à une distance suffisante de sources de chaleur ou doivent être séparés de telles sources de chaleur au moyen d'écrans d'isolement thermique.

NOTE Il convient que la traversée et la proximité de câbles isolés, de canalisations de gaz, d'eau ou autres et leur espace libre minimal approprié soient conformes aux réglementations et normes nationales.

#### **6.2.9.5 Installation des câbles**

Il convient de veiller à la protection du câble contre les détériorations mécaniques pendant et après leur installation, de la manière suivante:

- a) pour éviter toute détérioration du câble, les opérations de pose doivent être réalisées à température ambiante telle que spécifiée par les normes des matériels ou par le fabricant;
- b) les câbles isolés à un conducteur doivent être posés de manière à assurer que les forces résultant de courants de court-circuit n'entraînent aucune détérioration;
- c) la méthode de pose doit être choisie afin de s'assurer que les effets extérieurs sont limités à des valeurs de sécurité acceptables. En outre, lorsqu'ils sont enterrés dans des tranchées, les câbles doivent être installés à une profondeur spécifique et couverts par des dalles ou une grille avec avertissement afin d'empêcher tout dommage causé par des tiers. Il convient que les câbles souterrains et sous-marins soient protégés mécaniquement lorsqu'ils émergent de l'eau ou du sol;
- d) la pose de câbles dans la terre doit être réalisée dans le fond d'une tranchée à câbles libre de cailloux. L'assise doit consister en du sable ou de la terre sans cailloux. Des constructions spéciales de câbles peuvent être choisies, si nécessaire, afin d'assurer une protection contre les incidences chimiques;
- e) des mesures doivent être prises pour éviter que les câbles dans les tranchées ne soient endommagés par les véhicules qui circulent au-dessus des tranchées;

The terminal ends of flexible and trailing cables shall be free from tension and compression; cable sleeves shall be protected against stripping and cable ends against twisting. The terminals shall also be designed so that the cables will not kink.

#### **6.2.9.4 Crossings and proximities**

Where insulated cables cross or are near to gas, water or other pipes, an appropriate clearance shall be maintained between cables and the pipelines. Where this clearance cannot be maintained, contact between the cables and the pipelines shall be prevented, for example, by the insertion of insulating shells or plates. These measures shall be coordinated with the operator of the pipeline. In the case of a long parallel routing, a calculation of the overvoltage induced on the pipeline during a short-circuit shall be effected. It may be necessary to determine appropriate measures (for example, an alternative routing for the cables or pipelines, or a greater clearance between cables and pipelines).

Where insulated cables cross or are near to telecommunication installations, an appropriate clearance shall be maintained between cables and telecommunication installations.

In the case of a long parallel routing, the overvoltage induced on the telecommunication installation during a short-circuit shall be calculated (for guidance refer to ITU directives). It may be necessary to take appropriate measures to reduce this overvoltage (alternative routing for the cables or the telecommunication installations, greater clearance between cables and telecommunication installations).

Where insulated cables cross or are near to other insulated cables, the mutual thermal effects shall be calculated in order to determine the minimum clearance between cables or to determine other appropriate measures (e.g. derating). Cables shall be installed at a sufficient distance from heat sources or shall be separated from such heat sources by means of thermal insulating shields.

NOTE Crossing and proximity of insulated cables, gas and water pipes or other pipes and appropriate clearance should be in compliance with national regulations and standards.

#### **6.2.9.5 Installation of cables**

Care should be taken to protect the cable from mechanical damage during and after installation as follows:

- a) to avoid any damage to the cable, the laying operations shall be performed at the ambient temperature specified by the equipment standards or the manufacturer;
- b) single-core insulated cables shall be laid in such a way as to ensure that the forces resulting from short-circuit currents do not cause damage;
- c) the method of laying shall be chosen to ensure that the external effects are limited to acceptable safe values. In addition, when buried in troughs, the cables shall be installed at a specific depth and covered by slabs or a warning grid to prevent any damage being caused by third parties. Underground and submarine cables should be mechanically protected where they emerge from the water or the soil;
- d) laying of cables in earth shall be carried out on the bottom of a cable trench free of stones. The bedding shall be in sand or soil, free of stones. Special constructions of cables can be chosen, if necessary, to protect against chemical effects;
- e) measures shall be taken to prevent cables in troughs from being damaged by vehicles running over them;

- f) les mouvements et les vibrations du sol doivent être pris en compte;
- g) pour les installations verticales, le câble doit être soutenu au moyen d'isolateurs à gorge à des espaces libres déterminés par la construction du câble et les informations fournies par le fabricant.

Les câbles installés dans des conduits métalliques doivent être regroupés d'une manière telle que les conducteurs de toutes les phases (et le neutre, le cas échéant) du même circuit soient posés dans le même conduit afin de minimiser les courants de Foucault. Il convient de prendre en considération l'emplacement du conducteur de mise à la terre.

Les câbles isolés doivent être installés de façon que les tensions d'effleurage se situent dans la fourchette de valeurs autorisées ou de manière que les parties accessibles avec tensions d'effleurage inadmissibles soient protégées contre les contacts au moyen de mesures appropriées.

NOTE Un risque peut exister en ce qui concerne la présence de courants élevés circulant dans les écrans des câbles unipolaires gainés, en particulier lorsqu'ils sont posés à plat.

Les gaines métalliques doivent être mises à la terre conformément à l'article 10.

Il convient que la longueur des câbles qui raccordent les transformateurs et les réactances à un circuit soit choisie de façon à minimiser la production de ferrorésonances.

Il est nécessaire de limiter les contraintes mécaniques sur les matériels lors de leur connexion aux câbles de puissance.

#### **6.2.9.6 Rayons de courbure**

Les valeurs minimales des rayons de courbure pendant et après l'installation dépendent du type de câble et sont indiquées dans les normes correspondantes où elles doivent être spécifiées par le fabricant.

#### **6.2.9.7 Contrainte de traction**

La contrainte maximale de traction autorisée pendant la pose dépend de la nature du conducteur et du type de câble. Elle est indiquée dans les normes correspondantes où elle doit être spécifiée par le fabricant.

La contrainte de traction statique continue et de crête appliquée aux conducteurs de câbles flexibles et rampants doit être aussi faible que possible et ne doit pas dépasser les valeurs fournies par le fabricant.

#### **6.2.10 Conducteurs et accessoires**

Le présent paragraphe a trait aux conducteurs (rigides ou flexibles) et aux accessoires qui font partie des départs de lignes d'alimentation ou des jeux de barres dans les installations.

**6.2.10.1** Lorsque les conducteurs et les accessoires sont directement associés à un disjoncteur, à un interrupteur ou à un commutateur à fusible, la valeur et la durée du courant nominal admissible de courte durée des conducteurs et des accessoires ne doivent pas être inférieures aux valeurs nominales correspondantes des matériels auxquels ils sont raccordés à moins que la sécurité du personnel et des matériels ne soit assurée.

- f) ground movements and vibrations shall be taken into account;
- g) for vertical installations the cable shall be supported by suitable cleats at interval determined by the cable construction and information provided by the manufacturer.

Cables installed in metallic pipes shall be grouped in such a way that the conductors of all phases (and the neutral, if any) of the same circuit are laid in the same pipe to minimize eddy currents. Consideration should be given to the location of the earthing conductor.

Insulated cables shall be installed so that touch voltages are within the permissible values, or so that accessible parts with impermissible touch voltages are protected against contact by adequate measures.

NOTE There may be a risk of high circulating currents in screens of sheathed single-core cables, especially when laid flat.

Metallic sheaths shall be earthed in accordance with clause 10.

The length of cable connecting transformers and reactors to a circuit should be selected so as to minimize the occurrence of ferroresonance.

Care shall be taken to limit the mechanical stress on equipment when connecting power cables.

#### **6.2.9.6 Bending radius**

The minimum values of bend radius during and after installation are dependent on the type of cable and are given in the relevant standards or shall be specified by the manufacturer.

#### **6.2.9.7 Tensile stress**

The maximum permissible tensile stress during laying depends on the nature of the conductor and on the type of cable and are given in the relevant standards or shall be specified by the manufacturer.

The continuous static and peak tensile stress applied to the conductors of flexible and trailing cables shall be as small as possible, and shall not exceed the values given by the manufacturer.

#### **6.2.10 Conductors and accessories**

This subclause deals with conductors (rigid or flexible) and accessories, which are part of outgoing feeders or busbars in installations.

**6.2.10.1** Where conductors and accessories are directly associated with a circuit-breaker, fuse-switch or switch, the value and duration of the rated short-time withstand current of the conductors and accessories shall be not less than the corresponding rating of the equipment to which it is connected, unless safety of personnel and equipment is assured.

**6.2.10.2** Des dispositions doivent être prises pour permettre la dilatation et la contraction des conducteurs dues aux variations de température. Cela ne doit pas s'appliquer lorsque la contrainte due aux variations de température a été prévue dans la conception du système de conducteur.

**6.2.10.3** Les raccords entre les conducteurs, et les connexions entre les conducteurs et les matériels ne doivent pas présenter de défauts ni se détériorer en cours de service. Ils doivent être stables du point de vue mécanique et chimique. Les faces des raccords doivent être adéquatement préparées et connectées comme spécifié pour le type de connexion. La montée en température d'une connexion entre des conducteurs et l'appareillage en service ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans la CEI 60694.

## **6.2.11 Machines électriques rotatives**

**6.2.11.1** Le risque de lésions corporelles dues à des défauts dans les boîtes à bornes des machines doit être réduit au minimum. Les boîtes à bornes des moteurs doivent tolérer les conditions locales de court-circuit. Des dispositifs de limitation de courant peuvent être nécessaires.

**6.2.11.2** Le niveau de protection contre la pénétration d'objets, de poussière et d'eau doit être choisi conformément aux conditions climatiques et environnementales spéciales au site de l'installation. Les pièces dangereuses des machines doivent être protégées contre des contacts accidentels avec les personnes.

Le niveau d'isolement des machines doit être choisi conformément à la CEI 60034-1.

**6.2.11.3** Un refroidissement suffisant doit être fourni.

**6.2.11.4** Il convient que les machines soient protégées contre le dépassement de la montée en température maximale autorisée grâce à l'utilisation de dispositifs de protection électrique appropriés. En particulier, en ce qui concerne les grosses machines ou celles qui ont un caractère critique pour un procédé de production, il convient que des dispositifs de protection soient installés pour indiquer un défaut interne de la machine ou, si nécessaire, l'arrêter automatiquement.

## **6.2.12 Convertisseurs statiques**

**6.2.12.1** Les pièces accessibles des appareils convertisseurs qui peuvent transporter une tension dangereuse au cours de leur fonctionnement normal ou dans des conditions de défaut doivent être marquées de manière appropriée et protégées adéquatement contre les contacts accidentels avec les personnes. Cela peut se faire grâce à la mise en place de barrières de protection appropriées.

**6.2.12.2** Les fluides de transfert de froid et de chaleur ne doivent pas contenir de pollution mécanique ou de composants chimiquement agressifs qui peuvent entraîner un dysfonctionnement du matériel.

Lorsque l'on utilise l'eau comme réfrigérant, on doit prendre en considération la possibilité de corrosion due à des courants de fuite (courants dus à la conductivité de l'eau).

Lorsque l'on utilise l'huile comme réfrigérant, une protection analogue contre l'incendie et la pollution des nappes phréatiques doit être assurée; il en est de même pour les transformateurs et les inductances remplis d'huile.

**6.2.12.3** Au moment de la planification de la disposition des appareils convertisseurs, on doit tenir compte de la possibilité d'interférence magnétique occasionnée par des courants alternatifs élevés sur d'autres matériels ou parties de l'installation, en particulier les composants en acier.



**6.2.10.2** Provision shall be made to allow for the expansion and contraction of conductors caused by temperature variations. This shall not apply where the stress caused by temperature variations has been allowed for in the conductor system design.

**6.2.10.3** Joints between conductors and connections between conductors and equipment shall be without defects and shall not deteriorate while in service. They shall be chemically and mechanically stable. The joint faces shall be suitably prepared and connected as specified for the type of connection. The temperature rise of a connection between conductors and switchgear in service shall not exceed the values specified in IEC 60694.

#### **6.2.11 Rotating electrical machines**

**6.2.11.1** The risk of personal injury from faults within the terminal boxes of machines shall be minimized. The terminal boxes of motors shall withstand the local short-circuit conditions. Current-limiting devices may be necessary.

**6.2.11.2** The degree of protection against the ingress of objects, dust and water shall be chosen in accordance with the special climatic and environmental conditions at the site of installation. Hazardous parts of the machine shall be protected against accidental contact by persons.

The insulation level of the machine shall be selected in accordance with IEC 60034-1.

**6.2.11.3** Sufficient cooling shall be provided.

**6.2.11.4** Machines should be protected against exceeding the maximum permitted temperature rise by use of suitable electric protective devices. Particularly for large machines or those critical for a production process, protection devices should be installed which indicate an internal fault of the machine or, if necessary, automatically shut it down.

#### **6.2.12 Static converters**

**6.2.12.1** Accessible parts of converter units that can carry dangerous voltage during normal operation or under fault conditions shall be adequately marked and shall be adequately protected against accidental contact by persons. This may be achieved by providing suitable protective barriers.

**6.2.12.2** The cooling and heat transfer mediums shall not contain mechanical pollution or chemically aggressive components which might cause malfunction of the equipment.

When water is used as coolant, the possibility of corrosion caused by leakage currents (currents due to the conductivity of water) shall be considered.

When oil is used as coolant, similar protection against fire and pollution of ground water shall be provided as for oil-filled transformers and reactors.

**6.2.12.3** When planning the layout of converter units, the possibility of magnetic interference, caused by high a.c. currents, on other equipment or parts of the installation, especially steel components, shall be considered.

## **6.2.13 Fusibles**

### **6.2.13.1 Espaces libres**

Les espaces libres électriques minimaux pour les installations d'ensembles de fusibles doivent tenir compte de toutes les positions potentielles des parties sous tension avant, pendant et après le fonctionnement.

Des fusibles ouverts doivent être pourvus de lignes de fuite adéquates ou de barrières de protection appropriées dans la ou les directions où les ouvertures sont orientées. Les décharges provenant de fusibles ouverts peuvent contenir des gaz chauds, du plasma d'arc et du métal fondu. Ils peuvent aussi présenter une certaine conductivité.

Il convient que des dispositifs soient installés afin de s'assurer que le personnel n'est pas exposé aux décharges des fusibles ouverts soit pendant leur remplacement soit lorsque ce personnel travaille dans la zone à risques.

NOTE Quand cela n'est pas possible, il convient que le circuit qui alimente les fusibles soit mis hors tension préalablement aux expositions potentielles, ou encore que le personnel utilise des vêtements et des blindages de protection.

### **6.2.13.2 Remplacement des fusibles**

Les fusibles doivent être installés de façon que leur remplacement puisse être réalisé en toute sécurité conformément aux instructions du fabricant.

NOTE Il convient que le personnel chargé des opérations et de la maintenance dispose de toutes les informations nécessaires afin de choisir de manière adéquate les fusibles de remplacement.

## **7 Installations**

### **7.1 Exigences générales**

En ce qui concerne les installations, le présent paragraphe ne stipule que des exigences générales relatives au choix de l'agencement du circuit, de la documentation du circuit, des itinéraires de transport, d'éclairage, de sécurité opérationnelle et d'étiquetage.

Les distances, espaces libres et dimensions spécifiées représentent des valeurs minimales autorisées pour la sécurité des opérations. Ils se fondent en général sur les valeurs minimales données dans les anciennes normes nationales des membres de la CEI. Si nécessaire, un usager peut spécifier des valeurs plus élevées.

NOTE Pour les espaces libres minimaux (*N*) des parties sous tension, se référer à 5.3 et aux tableaux 1 et 2 et à l'annexe A.

Les normes et réglementations nationales peuvent exiger l'utilisation de valeurs plus élevées pour les espaces libres minimaux.

Lorsqu'une installation existante doit être agrandie, les exigences applicables au moment de sa conception et de sa construction peuvent être spécifiées en tant que variante.

En outre, les normes applicables concernant le fonctionnement des installations (énergie) électriques doivent être prises en compte. Les méthodes opérationnelles doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur (voir 7.1.2).

### **6.2.13 Fuses**

#### **6.2.13.1 Clearances**

Minimum electrical clearances for fuse assembly installations shall take into consideration all potential position of the live parts before, during and after operation.

Vented fuses shall be provided with adequate clearances or appropriate protective barriers in the direction or directions in which they are vented. Discharges from vented fuses may contain hot gases, arc plasma and molten metal. They may also be conductive.

Facilities should be provided to ensure that personnel are not exposed to discharges of vented fuses either during replacement or when working in the area.

NOTE When this is not possible, the circuit feeding the fusing should be de-energized prior to potential exposures, or the personnel should use protective shielding and clothing.

#### **6.2.13.2 Fuse replacement**

Fuses shall be installed in such a way that their replacement can be carried out safely according to manufacturer's instructions.

NOTE All necessary information should be available to the operating and maintenance personnel for the proper selection of replacement fuses.

## **7 Installations**

### **7.1 General requirements**

This clause specifies only general requirements for the installations regarding choice of circuit arrangement, circuit documentation, transport routes, lighting, operational safety and labelling.

Distances, clearances and dimensions specified are the minimum values permitted for safe operation. They are generally based on the minimum values given in the former national standards of the IEC members. A user may specify higher values if necessary.

NOTE For minimum clearances (*N*) of live parts, refer to 5.3 and to tables 1 and 2 and annex A.

National standards and regulations may require the use of higher clearance values.

Where an existing installation is to be extended, the requirements applicable at the time of its design and erection may be specified as an alternative.

The relevant standards for operation of electrical (power) installations shall additionally be taken into account. Operating procedures shall be agreed upon between manufacturer and user (see 7.1.2).

### **7.1.1 Agencement des circuits**

**7.1.1.1** L'agencement des circuits doit être choisi de façon à satisfaire aux exigences opérationnelles et à permettre la mise en œuvre des exigences de sécurité conformément à 8.3. On prendra également en considération la continuité du service en cas de défauts et les conditions de maintenance qui tiennent compte de la configuration du réseau. Les circuits doivent être agencés de manière à ce que les opérations de commutation puissent avoir lieu rapidement et en toute sécurité.

Chaque système séparé électriquement doit être fourni avec un dispositif indicateur de défaut de terre qui permet la détection ou la coupure d'un défaut de terre.

On doit s'assurer que les sections isolées d'une installation ne peuvent pas être, par inadvertance, remises sous tension à travers la tension de sources secondaires connectées en parallèle (par exemple transformateurs de mesure).

**7.1.1.2** Les installations doivent être en mesure de supporter les contraintes dynamiques et thermiques découlant de courants de court-circuit conformément à l'article 4.

L'agencement des circuits peut toutefois être configuré de manière à ce que des sections de l'installation qui fonctionnent normalement de manière séparée soient interconnectées pendant de courtes périodes au cours d'opérations de commutation, même lorsque, à la suite d'une telle connexion, le courant de court-circuit dépasse la valeur nominale de conception de l'installation. Dans de tels cas, des mesures de protection appropriées doivent être adoptées pour éviter tout danger pour le personnel. Des méthodes opérationnelles définies peuvent être exigées dans ce but.

NOTE 1 Cette situation peut être inévitable, en fonctionnement, si, par exemple, les lignes d'alimentation sont commutées d'un jeu de barres à l'autre.

Dans les circuits qui possèdent des dispositifs de protection contre les surintensités, les matériels peuvent avoir des valeurs nominales qui correspondent au courant de coupure (traversée) du dispositif de protection contre les surintensités.

NOTE 2 Les matériels situés entre le jeu de barres et les dispositifs de protection contre les surintensités auront un pouvoir de courant de défaut suffisant uniquement en cas de défauts du côté de la charge des dispositifs de protection contre les surintensités.

### **7.1.2 Documentation**

Si applicable, la documentation doit être fournie avec chaque installation afin de permettre la construction, la mise en service, le fonctionnement, la maintenance et la protection de l'environnement.

La portée de la documentation doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Les diagrammes, graphiques et tableaux, le cas échéant, doivent être préparés conformément à la CEI 60617 et à la CEI 61082.

### **7.1.3 Itinéraires de transport**

**7.1.3.1** Les itinéraires de transport, leur capacité de charge, la hauteur et la largeur doivent être adéquats pour permettre les mouvements des véhicules de transport prévus, et doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

**7.1.3.2** A l'intérieur des zones électriques opérationnelles fermées, le passage de véhicules ou autre matériel mobile sous ou à proximité d'éléments sous tension (sans dispositifs de protection) est autorisé sous réserve que les conditions suivantes soient satisfaites (voir figure 5):

### **7.1.1 Circuit arrangement**

**7.1.1.1** The circuit arrangement shall be chosen to meet operating requirements and to enable implementation of the safety requirements in accordance with 8.3. The continuity of service under fault and maintenance conditions, taking into account the network configuration, shall also be considered. The circuits shall be arranged so that switching operations can be carried out safely and quickly.

Each electrically separated system shall be provided with an earth fault indicating device which permits detection or disconnection of an earth fault.

It shall be ensured that isolated sections of an installation cannot be inadvertently energized by voltage from parallel connected secondary sources (for example instrument transformers).

**7.1.1.2** Installations shall be capable of withstanding the thermal and dynamic stresses resulting from short-circuit current in accordance with clause 4.

The circuit arrangement may, however, be configured in such a way that sections of the installation which are normally operated separately are interconnected for short periods during switching operations, even when, as a result of such connection, the short-circuit current exceeds the design rating for the installation. In such cases, suitable protective measures shall be taken to prevent danger to personnel. Defined operating procedures may be required for this purpose.

NOTE 1 This situation may be unavoidable in operation if, for example, feeders are switched from one busbar to another.

In circuits that have current limiting protective devices, equipment may have ratings that correspond to the cut-off (let through) current of the current limiting device.

NOTE 2 Equipment located between the busbar and the current-limiting devices will have sufficient through-fault current duty only in case of faults on the load side of the current-limiting devices.

### **7.1.2 Documentation**

Where applicable, the documentation shall be provided with each installation to allow erection, commissioning, operation, maintenance and environmental protection.

The extent of the documentation shall be agreed upon between the supplier and the user.

Diagrams, charts and tables, if any, shall be prepared in accordance with IEC 60617 and IEC 61082.

### **7.1.3 Transport routes**

**7.1.3.1** Transport routes, their load capacity, height and width shall be adequate for movements of anticipated transport units and shall be agreed upon between the supplier and the user.

**7.1.3.2** Within closed electrical operating areas, the passage of vehicles or other mobile equipment beneath or in proximity to live parts (without protective measures) is permitted, provided the following conditions are met (see figure 5):

- le véhicule, avec ses portes ouvertes et sa charge, n'empiète pas sur la zone de danger: espace libre minimal de protection pour les véhicules  $T = N + 100$  (minimum 500 mm);
- la hauteur minimale  $H$  des éléments sous tension au-dessus des zones accessibles est maintenue (voir 7.2.4).

Dans de telles circonstances, le personnel ne peut demeurer dans les véhicules ou le matériel mobile que si des mesures de protection adéquates existent sur le véhicule ou le matériel mobile, par exemple toit de cabine, afin de s'assurer que l'on n'empiète pas sur la zone de danger définie ci-dessus.

En ce qui concerne les espaces latéraux libres minimaux entre les véhicules de transport et les éléments sous tension, des principes analogues sont applicables.

#### **7.1.4 Zones d'accès et couloirs**

La largeur des zones d'accès et des couloirs doit être appropriée pour les travaux, les accès pendant le fonctionnement, les accès d'urgence, l'évacuation en cas d'urgence et le transport des matériels.

#### **7.1.5 Eclairage**

Les installations intérieures et extérieures accessibles doivent être équipées d'un éclairage approprié pour les opérations de routine.

Si nécessaire, un éclairage auxiliaire/d'urgence doit être fourni; il peut consister soit en une installation fixe soit en un matériel portatif.

Dans certains cas, dans les petites sous-stations de distribution, une installation d'éclairage peut ne pas être exigée. Dans un tel cas, la présence et la portée de l'éclairage doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Tout élément de l'installation d'éclairage qui nécessite une maintenance ou un remplacement, par exemple les ampoules, doit être installé de manière à ce que, lors de la réalisation adéquate de travaux, l'espace minimal de travail par rapport aux éléments sous tension puisse être respecté.

NOTE Il convient que les niveaux d'éclairage soient conformes aux réglementations et aux normes nationales et/ou internationales actuelles applicables.

#### **7.1.6 Sécurité des opérations**

Les dispositifs de sécurité des opérations doivent être conçus de sorte que les routes d'évacuation et de sauvetage et l'issue de secours puissent être utilisées de façon sûre en cas d'incendie, et de sorte que la protection et la compatibilité de l'environnement soient assurées.

En cas de nécessité, les installations elles-mêmes doivent être protégées contre les risques d'incendie, d'inondation et de contamination. Si exigé, des mesures complémentaires doivent être adoptées afin de protéger les installations importantes contre les effets de la circulation routière (projections de sel, accident automobile).

#### **7.1.7 Etiquetage**

Pour éviter toute erreur d'exploitation et les accidents, il est indispensable de procéder à l'identification et à l'étiquetage (des éléments).

Toutes les parties importantes de l'installation, par exemple les systèmes de jeux de barres, l'appareillage, les travées et les conducteurs, doivent être étiquetées de façon claire, lisible et durable.

- the vehicle, with open doors, and its load does not infringe the danger zone: minimum protective clearance for vehicles  $T = N + 100$  (minimum 500 mm);
- the minimum height,  $H$ , of live parts above accessible areas is maintained (see 7.2.4).

Under these circumstances, personnel may remain in vehicles or mobile equipment only if there are adequate protective measures on the vehicle or mobile equipment, for example the cab roof, to ensure that the danger zone defined above cannot be infringed.

For the lateral clearances between transport units and live parts, similar principles apply.

#### **7.1.4 Aisles and access areas**

The width of aisles and access areas shall be adequate for work, operational access, emergency access, emergency evacuation and for transport of equipment.

#### **7.1.5 Lighting**

Accessible indoor and outdoor installations shall be provided with suitable lighting for routine operations.

Emergency/auxiliary lighting shall be provided if necessary; this may be a fixed installation or portable equipment.

In some cases, in small distribution substations, a lighting installation may not be required. In such cases, the presence and extent of the lighting shall be agreed upon between the supplier and the user.

Any part of the lighting installation which needs maintenance or replacement, for example lamps, shall be installed so that when the work is carried out correctly, the working clearance to live parts can be maintained.

NOTE Lighting levels should be in accordance with current applicable international and/or national standards and regulations.

#### **7.1.6 Operational safety**

Operational safety installations shall be designed so that the escape and rescue paths and the emergency exit can be safely used in the event of a fire, and that protection and environmental compatibility are ensured.

Where necessary, installations themselves shall be protected against fire hazard, flooding and contamination. If required, additional measures shall be taken to protect important installations against the effects of road traffic (salt spray, vehicle accident).

#### **7.1.7 Labelling**

Identification and labelling are required to avoid operating errors and accidents.

All important parts of the installation, for example busbar systems, switchgear, bays, conductors, shall be clearly, legibly and durably labelled.

Des consignes de sécurité, par exemple avis avec avertissements, notices de consignes de sécurité et notes d'information, doivent être prévues dans les emplacements appropriés de l'installation (voir 8.8).

NOTE Il convient de tenir compte des réglementations locales et nationales.

## 7.2 Installations extérieures de conception libre

La disposition des installations extérieures de type libre doit tenir compte des espaces libres minimaux entre phase et phase et entre phase et terre indiqués à l'article 5.

La conception de l'installation doit être telle que l'accès aux zones dangereuses soit restreint en tenant compte du besoin d'y avoir accès pour l'exploitation et la maintenance. En conséquence, des clôtures extérieures doivent être prévues et, lorsque les distances de sécurité ne peuvent être maintenues, des dispositifs de protection permanents doivent être installés.

Une séparation doit être établie entre les travées et les sections en aménageant des distances appropriées, des barrières de protection ou des obstacles de protection.

### 7.2.1 Espaces libres minimaux des barrières de protection

A l'intérieur d'une installation, les espaces libres minimaux de protection suivants doivent être maintenus entre les éléments sous tension et la surface interne de toute barrière de protection (voir figure 1):

- pour les murs pleins sans ouvertures d'une hauteur minimale de 1 800 mm, l'espace libre minimal de la barrière de protection est de  $B_1 = N$ ;
- pour les matériels ayant  $U_m$  plus élevé que 52 kV, un treillis métallique, un écran ou un mur plein, avec ouvertures d'une hauteur minimale de 1 800 mm et un niveau de protection de IP1XB (voir CEI 60529) doivent être utilisés. L'espace libre minimal de la barrière de protection est de  $B_2 = N + 100$  mm;
- pour les matériels ayant  $U_m$  jusqu'à 52 kV, un treillis métallique, un écran ou un mur plein, avec ouvertures d'une hauteur minimale de 1 800 mm et un niveau de protection de IP2X (voir CEI 60529) doivent être utilisés. L'espace libre minimal de la barrière de protection est de  $B_3 = N + 80$  mm.

Pour les barrières de protection non rigides et les treillis métalliques, les valeurs de l'espace libre minimal doivent être augmentées afin de tenir compte de tout déplacement éventuel de la barrière ou du treillis de protection.

### 7.2.2 Espaces libres minimaux des obstacles de protection

A l'intérieur des installations, l'espace libre minimal suivant doit être maintenu à partir des éléments sous tension jusqu'à la surface interne de tout obstacle de protection (voir figure 1):

- pour les murs pleins ou les écrans de moins de 1 800 mm de hauteur et pour les rails, chaînes ou cordes, l'espace libre minimal de protection de l'obstacle est de  $O_2 = N + 300$  mm (minimum 600 mm);
- pour les chaînes ou les cordes, les valeurs doivent être augmentées afin de tenir compte du fléchissement.

Si approprié, les obstacles de protection doivent être installés à une hauteur minimale de 1 200 mm et une hauteur maximale de 1 400 mm.

NOTE Dans certains pays, les rails, chaînes et les cordes ne sont pas acceptables.



Safety warnings, for example warning notices, safety instruction notices and informative notices shall be provided at suitable points in the installation (see 8.8).

NOTE Local and national regulations should be taken into account.

## 7.2 Outdoor installations of open design

The layout of open type outdoor installations shall take into account the minimum phase-to-phase and phase-to-earth clearances given in clause 5.

The design of the installation shall be such as to restrict access to danger zones, taking into account the need for operational and maintenance access. External fences shall therefore be provided and, where safety distances cannot be maintained, permanent protective facilities shall be installed.

A separation shall be provided between bays or sections by appropriate distances, protective barriers or protective obstacles.

### 7.2.1 Protective barrier clearances

Within an installation, the following minimum protective clearances shall be maintained between live parts and the internal surface of any protective barrier (see figure 1):

- for solid walls, without openings, with a minimum height of 1 800 mm, the minimum protective barrier clearance is  $B_1 = N$ ;
- for equipment, where  $U_m$  is greater than 52 kV, a wire mesh, screen or solid wall, with openings, with a minimum height of 1 800 mm and a degree of protection of IP1XB (IEC 60529) shall be used. The minimum protective barrier clearance is  $B_2 = N + 100$  mm;
- for equipment where  $U_m$  is up to 52 kV, a wire mesh, screen or solid wall, with openings, with a minimum height of 1 800 mm and a degree of protection of IP2X (IEC 60529), shall be used. The minimum protective barrier clearance is  $B_3 = N + 80$  mm.

For non-rigid protective barriers and wire meshes, the clearance values shall be increased to take into account any possible displacement of the protective barrier or mesh.

### 7.2.2 Protective obstacle clearances

Within installations the following minimum clearance shall be maintained from live parts to the internal surface of any protective obstacle (see figure 1):

- for solid walls or screens less than 1 800 mm high, and for rails, chains or ropes, the minimum protective obstacle clearance is  $O_2 = N + 300$  mm (minimum 600 mm);
- for chains or ropes, the values shall be increased to take into account the sag.

Where appropriate, protective obstacles shall be fitted at a minimum height of 1 200 mm and a maximum height of 1 400 mm.

NOTE Rails, chains and ropes are not acceptable in certain countries.

### 7.2.3 Espaces libres minimaux des séparations

La clôture externe des installations extérieures de conception libre doit présenter les espaces libres minimaux de séparation suivants conformément à la figure 2:

- murs pleins (hauteur, voir 7.2.6)  $C = N + 1\,000\text{ mm}$ ;
- treillis métallique/écrans (hauteur, voir 7.2.6)  $E = N + 1\,500\text{ mm}$ .

L'ouverture maximale des treillis métalliques/écrans ne doit pas dépasser 50 mm.

### 7.2.4 Hauteur minimale au-dessus de la zone d'accès

La hauteur minimale des éléments sous tension au-dessus des surfaces ou des plates-formes où seul l'accès des piétons est autorisé doit être la suivante:

- pour les éléments sous tension sans dispositifs de protection, une hauteur minimale de  $H = N + 2\,250\text{ mm}$  (minimum 2 500 mm) doit être maintenue (voir figure 3). La hauteur  $H$  a trait au fléchissement maximal du conducteur (voir l'article 4);
- la partie la plus basse de n'importe quel isolement, par exemple le bord supérieur des bases d'isolateurs métalliques ne doit pas se trouver à moins de 2 250 mm au-dessus des surfaces accessibles à moins que d'autres mesures appropriées pour en empêcher l'accès soient prévues.

Lorsque la réduction des distances de sécurité en raison de l'effet de la neige sur les surfaces accessibles doit être envisagée, les valeurs indiquées ci-dessus doivent être augmentées.

### 7.2.5 Espaces libres minimaux par rapport aux bâtiments (voir la figure 4)

Lorsque des conducteurs nus traversent des bâtiments qui sont situés à l'intérieur de zones d'exploitation électriques fermées, les espaces libres minimaux suivants par rapport au toit doivent être maintenus pour un fléchissement maximal:

- espaces libres minimaux spécifiés en 7.2.4 pour les éléments sous tension au-dessus de surfaces accessibles au cas où le toit est accessible quand les conducteurs sont sous tension;
- $N + 500\text{ mm}$  lorsqu'il n'est pas possible d'avoir accès au toit quand les conducteurs sont sous tension;
- $O_2$  en direction latérale à partir de l'extrémité du toit s'il est possible d'avoir accès au toit lorsque les conducteurs sont sous tension.

Lorsque des conducteurs nus s'approchent de bâtiments qui sont situés à l'intérieur de zones d'exploitation électriques fermées, les espaces libres minimaux suivants doivent être maintenus permettant ainsi un fléchissement/une oscillation maximale dans le cas de torons de câbles:

- a) mur extérieur avec fenêtres non grillagées: espace libre minimal donné par  $D_V$ ;
- b) mur extérieur avec fenêtres grillagées (grillages conformément à 7.2.1): espaces libres minimaux des barrières de protection  $B_2$  conformément à 7.2.1;
- c) mur extérieur sans fenêtres:  $N$ .

### 7.2.6 Clôtures ou murs extérieurs et portes d'accès

On doit empêcher l'accès non autorisé aux installations extérieures. Lorsque c'est au moyen de clôtures ou murs extérieurs, la hauteur et la construction de la clôture/du mur doivent être appropriées afin d'en décourager l'ascension.

Des précautions supplémentaires peuvent être exigées dans certaines installations afin d'empêcher l'accès par excavation au-dessous de la clôture.

### 7.2.3 Boundary clearances

The external fence of outdoor installations of open design shall have the following minimum boundary clearances in accordance with figure 2:

- solid walls (height see 7.2.6)  $C = N + 1\,000\text{ mm}$ ;
- wire mesh/screens (height see 7.2.6)  $E = N + 1\,500\text{ mm}$ .

The maximum opening of the wire mesh/screens shall not exceed 50 mm.

### 7.2.4 Minimum height over access area

The minimum height of live parts above surfaces or platforms where only pedestrian access is permitted shall be as follows:

- for live parts without protective facilities, a minimum height  $H = N + 2\,250\text{ mm}$  (minimum 2 500 mm) shall be maintained (see figure 3). The height  $H$  refers to the maximum conductor sag (see clause 4);
- the lowest part of any insulation, for example the upper edge of metallic insulator bases, shall be not less than 2 250 mm above accessible surfaces unless other suitable measures to prevent access are provided.

Where the reduction of safety distances due to the effect of snow on accessible surfaces needs to be considered, the values given above shall be increased.

### 7.2.5 Clearances to buildings (see figure 4)

Where bare conductors cross buildings which are located within closed electrical operating areas, the following clearances to the roof shall be maintained at maximum sag:

- the clearances specified in 7.2.4 for live parts above accessible surfaces, where the roof is accessible when the conductors are live;
- $N + 500\text{ mm}$  where the roof cannot be accessed when the conductors are live;
- $O_2$  in lateral direction from the end of the roof if the roof is accessible when the conductors are live.

Where bare conductors approach buildings which are located within closed electrical operating areas, the following clearances shall be maintained, allowing for the maximum sag/swing in the case of stranded conductors:

- a) outer wall with unscreened windows: minimum clearance given by  $D_V$ ;
- b) outer wall with screened windows (screened in accordance with 7.2.1): protective barrier clearances  $B_2$  in accordance with 7.2.1;
- c) outer wall without windows:  $N$ .

### 7.2.6 External fences or walls and access doors

Unauthorized access to outdoor installations shall be prevented. Where this is by means of external fences or walls, the height and construction of the fence/wall shall be adequate to deter climbing.

Additional precautions may be required in some installations to prevent access by excavation beneath the fence.

La clôture/le mur extérieurs doivent avoir une hauteur d'au moins 1 800 mm. Le bord inférieur d'une clôture ne doit pas se trouver à plus de 50 mm du sol (pour les espaces libres minimaux, voir la figure 2).

Les portes d'accès aux installations extérieures doivent être équipées de verrous de sûreté.

Les clôtures/murs extérieurs et les portes d'accès doivent être marqués au moyen de signaux de sécurité conformément à 8.8.

Dans certains cas, pour des raisons de sécurité du public, des mesures supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires.

Il convient que toutes clôtures adjacentes, autres structures et arbres à l'extérieur de l'installation découragent également l'ascension.

### **7.3 Installations intérieures de conception libre**

La disposition des installations intérieures de type libre doit tenir compte des espaces libres minimaux entre phase et phase et entre phase et terre spécifiés dans l'article 5 (voir tableaux 1 et 2 et l'annexe A).

La conception de l'installation doit être telle qu'elle empêche l'accès aux zones dangereuses en tenant compte du besoin d'y avoir accès en vue de l'exploitation et de la maintenance. En conséquence, on doit prévoir des distances de sécurité ou des dispositifs de protection permanents à l'intérieur de l'installation.

En ce qui concerne les espaces libres minimaux des barrières de protection, les distances de sécurité et la hauteur minimale, voir 7.2.

En ce qui concerne les bâtiments, corridors, voies d'évacuation, portes et fenêtres, voir 7.5.

En ce qui concerne les murs pleins ou les grillages de moins de 1 800 mm de haut et les rails, chaînes ou cordes, les espaces libres minimaux des obstacles de protection sont au moins de

$$O_1 = N + 200 \text{ mm (minimum 500 mm, voir la figure 1)}$$

Pour les chaînes ou les cordes, les valeurs doivent être augmentées afin de tenir compte de leur fléchissement. En cas de besoin, elles doivent être installées à une hauteur minimale de 1 200 mm à 1 400 mm au maximum.

## **7.4 Installation d'appareillage à enveloppe homologuée fabriqué en usine**

### **7.4.1 Généralités**

Le présent paragraphe stipule les exigences supplémentaires des matériels qui s'appliquent aux connexions extérieures, à la construction et à l'exploitation sur le lieu de l'installation. L'installation doit être dimensionnée et conçue afin d'éviter tous dangers pour les personnes et tous dommages aux biens en tenant compte du type d'installation et des conditions locales.

L'appareillage à haute tension homologué et fabriqué en usine doit être fabriqué et essayé conformément aux normes CEI applicables, telles que la CEI 60298, la CEI 60466, la CEI 60517 et la CEI 60694.

NOTE Normalement, l'appareillage conforme à la CEI 60466 est considéré comme une installation intérieure de type libre.

The external fence/wall shall be at least 1 800 mm high. The lower edge of a fence shall not be more than 50 mm from the ground (for clearances see figure 2).

Access doors to outdoor installations shall be equipped with security locks.

External fences/walls and access doors shall be marked with safety signs in accordance with 8.8.

In some cases, for public security reasons, additional measures may be necessary.

Any adjacent fences, other structures and trees outside the installation should also deter climbing.

### **7.3 Indoor installations of open design**

The layout of open-type indoor installations shall take into account the minimum phase-to-phase and phase-to-earth clearances specified in clause 5 (see tables 1 and 2 and annex A).

The design of the installation shall be such as to prevent access to danger zones taking into account the need of access for operational and maintenance purposes. Therefore, safety distances or permanent protective facilities within the installation shall be provided.

For protective barrier clearances, safety distances and minimum height, see 7.2.

For buildings, corridors, escape routes, doors and windows, see 7.5.

For solid walls or screens less than 1 800 mm high, and for rails, chains or ropes, the protective obstacle clearances are at least

$$O_1 = N + 200 \text{ mm (minimum 500 mm, see figure 1)}$$

For chains or ropes, the values shall be increased taking into account the sag. They shall be fitted at a minimum height of 1 200 mm to a maximum of 1 400 mm, where appropriate.

## **7.4 Installation of factory-built, type-tested enclosed switchgear**

### **7.4.1 General**

This subclause specifies additional requirements for equipment which apply to external connections, erection and operation at the place of installation. The installation shall be dimensioned and designed to avoid danger to persons and damage to property, taking into account the type of installation and local conditions.

Factory-built, type-tested high voltage switchgear shall be manufactured and tested in accordance with relevant IEC standards such as IEC 60298, IEC 60466, IEC 60517 and IEC 60694.

NOTE Normally, switchgear complying with IEC 60466 is considered as an open type indoor installation.

Elle doit être bien adaptée à ses objectifs, clairement agencée et conçue de telle manière que les éléments essentiels soient accessibles en vue de la construction, exploitation et maintenance. Des arrangements et des accès doivent être prévus afin de permettre le montage sur site. Des agrandissements futurs doivent être pris en considération.

Des arrangements appropriés doivent être prévus pour les connexions extérieures. Les conducteurs et les câbles doivent être choisis et agencés de façon à assurer un niveau d'isolement de sécurité entre les conducteurs et entre chaque conducteur et les structures métalliques avoisinantes de mise à la terre.

Des dispositifs de sécurité qui ont pour but de réduire la pression interne de l'appareillage qui résulte d'un défaut doivent être conçus et agencés en tenant compte des dangers qu'ils présentent pour le personnel. On doit empêcher l'accumulation de concentrations dangereuses de produits de la décomposition des gaz dans les salles d'appareillage.

## **7.4.2 Exigences supplémentaires relatives aux appareillages à gaines métalliques isolés au gaz**

### **7.4.2.1 Conception**

Si des plates-formes et des échelles sont nécessaires aux fins de l'exploitation et de la maintenance, elles doivent être conçues et agencées de façon à assurer un accès du personnel en toute sécurité. Ces éléments peuvent être fixes ou amovibles.

Si nécessaire, des arrangements doivent être faits pour protéger l'appareillage contre les vibrations dangereuses provenant des transformateurs/inductances avec connexions à isolement au gaz. En cas de nécessité, des soufflets doivent être mis en place pour permettre la dilatation due à la chaleur, les tolérances de construction et les mouvements des fondations.

En ce qui concerne les installations à isolement au gaz avec plusieurs chambres de pression, des étiquettes claires doivent être mises en place avec indication de la construction de l'installation et de la position des cloisonnements. Les dispositifs de surveillance continue doivent être clairement marqués et situés de façon à permettre un contrôle facile.

Les canalisations et raccords de gaz dans des zones où l'on prévoit des dommages mécaniques doivent être protégés.

Lorsqu'il existe une possibilité de les confondre avec d'autres canalisations, les canalisations de gaz SF<sub>6</sub> doivent être marquées.

### **7.4.2.2 Montage sur site**

Le montage du GIS doit être réalisé dans un environnement propre.

En ce qui concerne les installations extérieures, il peut s'avérer nécessaire de prévoir une enceinte temporaire appropriée au-dessus de la zone de travaux afin de protéger les matériels des conditions environnementales pendant que l'installation et/ou la maintenance sont en cours.

En ce qui concerne la manutention de SF<sub>6</sub>, voir 9.4.

Pour les fuites de SF<sub>6</sub>, voir 8.7.2 et 8.7.3.

It shall be well adapted to its purpose, clearly arranged and so designed that essential parts are accessible for erection, operation and maintenance. Arrangements and access shall be provided to permit assembly at site. Future possible extensions should be considered.

Appropriate arrangements shall be made for external connections. Conductors and cables shall be selected and arranged in such a way as to ensure safe insulation level between conductors and between each conductor and surrounding earthed metallic structures.

Safety devices that are intended to reduce the internal switchgear pressure resulting from a fault shall be designed and arranged with consideration for their potential hazard to personnel. The accumulation of dangerous concentrations of gas decomposition products in switch rooms shall be prevented.

## **7.4.2 Additional requirements for gas-insulated metal-enclosed switchgear**

### **7.4.2.1 Design**

If platforms and ladders are necessary for operation and maintenance, they shall be designed and arranged to provide safe access for personnel. These elements may be fixed or removable.

Where necessary, arrangements shall be made to protect the switchgear from dangerous vibrations from transformers/reactors with gas-insulated connections. Bellows shall be provided, where necessary, to allow for heat expansion, erection tolerances and settlement of foundations.

For gas-insulated installations with several pressure chambers, clear labels shall be provided indicating the construction of the installation and the position of partitions. Monitoring devices shall be clearly marked and located to permit easy supervision.

Gas pipelines and fittings in areas where mechanical damage is expected shall be protected.

SF<sub>6</sub> gas pipelines shall be marked where there is a possibility of confusion with other pipelines.

### **7.4.2.2 Erection on site**

Erection of GIS shall be carried out in a clean environment.

For outdoor installations, it may be necessary to provide a suitable temporary enclosure over the work area to protect the equipment from the environmental conditions whilst installation and/or maintenance is taking place.

For SF<sub>6</sub> gas handling, see 9.4.

For SF<sub>6</sub> leakage, see 8.7.2 and 8.7.3.

### 7.4.2.3 Protection contre les surtensions

Normalement, il conviendrait qu'une protection du GIS contre les surtensions soit fournie par les parafoudres installés sur les lignes d'alimentation. Dans certains cas, la protection qu'offrent ces matériels peut s'avérer inadéquate. Cette situation découle principalement des configurations suivantes:

- longue distance entre le GIS et les transformateurs;
- transformateurs raccordés au GIS au moyen de câbles;
- jeux de barres longs ouverts à leurs extrémités;
- connexion aux lignes aériennes au moyen de câbles isolés;
- emplacements avec forte probabilité de coups de foudre.

Pour ces configurations, l'installation de parafoudres supplémentaires peut s'avérer nécessaire. Il est recommandé que leur emplacement se fonde sur l'expérience dans des situations analogues ou sur des calculs.

### 7.4.2.4 Mise à la terre

Il convient que l'enceinte du GIS soit raccordée à un système de mise à la terre au moins aux points suivants:

- a) à l'intérieur des travées:
  - près du disjoncteur;
  - près de l'embout obturateur du câble;
  - près du manchon à air/SF<sub>6</sub>;
  - près du transformateur de mesure.
- b) sur les jeux de barres:
  - aux deux extrémités et aux points intermédiaires selon la longueur des jeux de barres.

Les trois enveloppes d'un GIS de type monophasé doivent être liées ensemble avant la mise à la terre. Le conducteur de liaison doit avoir une valeur nominale permettant de transporter le courant nominal des travées et des jeux de barres, ou, si on utilise un conducteur de liaison dont la valeur nominale est inférieure, on devra alors prouver par les essais qu'aucun danger ne se produira en cours d'exploitation.

Des bandes de liaison supplémentaires ne sont pas nécessaires aux joints par bride s'il est possible d'assurer que la pression de contact de la bride fournit une connexion de contact adéquat pour hautes fréquences.

Les conducteurs de mise à la terre des parafoudres destinés à la protection des installations à isolement au gaz doivent être raccordés à l'enceinte par une connexion aussi courte que possible.

Il convient que les gaines métalliques (par exemple enceintes métalliques, couvercles blindés, grillages) de câbles avec tensions nominales de plus de 1 kV soient connectées directement à l'enceinte du GIS.

Dans certains cas spéciaux, par exemple protection cathodique des câbles, il peut s'avérer nécessaire de séparer la connexion à la terre des câbles par rapport à l'enceinte du GIS. Dans ce cas, il est recommandé d'installer un dispositif de protection contre les surtensions entre l'embout obturateur et l'enceinte.



### 7.4.2.3 Protection against overvoltages

Protection of the GIS against overvoltages should normally be provided by the surge arresters installed on the feeders. In some cases, the protection given by this equipment may be inadequate. This situation arises mainly in the following configurations:

- large distance between the GIS and transformers;
- transformers connected to the GIS by means of cables;
- long busbars open at their ends;
- connection to overhead lines by means of insulated cables;
- locations with high probability of lightning strikes.

For these configurations, the installation of additional surge arresters may be required. Their location should be based on experience with similar situations or on calculations.

### 7.4.2.4 Earthing

The enclosure of a GIS should be connected to the earthing system at least at the following points:

- a) inside the bays:
  - close to the circuit-breaker;
  - close to the cable sealing end;
  - close to the SF<sub>6</sub>/air bushing;
  - close to the instrument transformer.
- b) on the busbars:
  - at both ends and at intermediate points, depending on the length of the busbars.

The three enclosures of a single-phase type GIS shall be bonded together before earthing. The bonding conductor shall either be rated to carry the nominal current of the bays and busbars, or if a lower rated bonding conductor is used, then it shall be proved by tests that no danger will arise during operation.

Additional bonding straps are not required at flange joints if it can be ensured that the contact pressure of the flange provides adequate contact connection for high frequencies.

Earthing conductors of surge arresters for the protection of gas-insulated installations shall be connected by as short a connection as possible to the enclosure.

Metallic sheaths (for example metal enclosures, armoured coverings, screens) of cables with nominal voltages above 1 kV should be connected directly to the GIS enclosure.

In some special cases, e.g. cathodic protection of cables, it may be necessary to separate the earth connection of the cables from the GIS enclosure. In this case, the installation of a voltage surge protection device is recommended between the sealing end and enclosure.

## **7.5 Exigences relatives aux bâtiments**

### **7.5.1 Introduction**

Les bâtiments doivent respecter les codes de construction et réglementations relatives aux incendies au niveau national. Lorsque de telles normes nationales n'existent pas, il est possible d'utiliser ce qui suit comme guide.

Le présent paragraphe stipule les exigences qui doivent être respectées dans les zones ou emplacements où sont installés des matériels électriques destinés à des installations à haute tension. Pour les besoins de la présente norme, les sous-stations préfabriquées (CEI 61330) ne sont pas considérées comme des bâtiments.

### **7.5.2 Dispositions structurelles**

#### **7.5.2.1 Généralités**

Les structures portantes de charges, les murs de cloisonnement, les revêtements, les enveloppes, etc. doivent être choisis de façon qu'ils puissent supporter la charge combustible prévue.

Les zones d'exploitation électrique doivent être conçues de façon à empêcher la pénétration d'eau et à minimiser la condensation.

Les matériaux utilisés pour les murs, plafonds et planchers doivent, dans la mesure du possible, ne pas être endommagés par la pénétration ou les fuites d'eau. Si cette exigence ne peut être satisfaite, des précautions doivent être prises afin d'éviter les conséquences d'une fuite ou de la condensation qui affectent la sécurité de l'exploitation.

La conception des bâtiments doit tenir compte de la charge mécanique et de la pression interne prévues que peut produire un défaut de l'arc.

Les canalisations et autres matériels, s'ils sont autorisés dans les sous-stations, doivent être conçus de manière à ce que l'installation électrique ne s'en trouve pas affectée, même en cas de dommage.

#### **7.5.2.2 Spécifications relatives aux murs**

Les murs extérieurs du bâtiment doivent posséder une résistance mécanique en rapport avec les conditions environnementales.

La résistance mécanique des bâtiments doit être suffisante pour faire face à toutes les charges statiques et dynamiques dues à l'exploitation normale de l'installation.

Le passage des canalisations ou des systèmes de câblage ne doit pas affecter l'intégrité structurelle des murs.

Les parties métalliques qui passent à travers les murs doivent respecter les exigences de l'article 10.

Les panneaux de la surface extérieure des bâtiments qui sont accessibles au grand public ne doivent pas pouvoir être démontés de l'extérieur. Les matériaux qui constituent les enceintes extérieures doivent être en mesure de supporter les attaques des éléments atmosphériques (pluie, soleil, agressivité de l'air, etc.).

## **7.5 Requirements for buildings**

### **7.5.1 Introduction**

Buildings shall comply with national building codes and fire regulations. Where such national standards do not exist, the following may be used as a guide.

This subclause indicates the requirements that have to be satisfied in areas or locations where electrical equipment for high voltage installations is installed. For the purpose of this standard, prefabricated substations covered by IEC 61330 are not considered as buildings.

### **7.5.2 Structural provisions**

#### **7.5.2.1 General**

Load-carrying structural members, partition walls, claddings, enclosures, etc. shall be selected to withstand the expected combustible load.

Electrical operating areas shall be designed to prevent ingress of water and to minimize condensation.

Materials used for walls, ceilings and floors on the ground shall, where possible, not be damaged by water penetration or leakage. If this requirement cannot be met, precautions shall be taken to prevent the consequences of a leak or of condensation affecting the operating safety.

The building design shall take into account the expected mechanical loading and internal pressure caused by an arc fault.

Pipelines and other equipment, if allowed in substations, shall be designed so that the electrical installation is not affected, even in the event of damage.

#### **7.5.2.2 Specifications for walls**

The external walls of the building shall have sufficient mechanical strength for the environmental conditions.

The mechanical strength of the buildings shall be sufficient to withstand all static and dynamic loads due to normal operation of the installation.

The passage of pipes or wiring systems shall not affect the structural integrity of the walls.

Metal parts that pass through walls shall meet the requirements of clause 10.

Panels of the exterior surface of buildings that are accessible to the general public shall not be removable from the outside. The constituent materials of the external enclosures shall be capable of withstanding the attacks of atmospheric elements (rain, sun, aggressive wind, etc.).

### **7.5.2.3 Fenêtres**

Les fenêtres doivent être conçues de manière à en rendre la pénétration difficile. Cette exigence sera considérée comme satisfaite si l'une ou plusieurs des mesures suivantes ont été adoptées:

- la fenêtre est construite en matériau incassable;
- la fenêtre est grillagée;
- le bord inférieur de la fenêtre est à 1,8 m au moins au-dessus du niveau d'accès;
- le bâtiment est entouré d'une clôture extérieure d'au moins 1,8 m de haut.

### **7.5.2.4 Toits**

Le toit du bâtiment doit posséder une résistance mécanique suffisante pour supporter les conditions environnementales.

Si le plafond de la salle de l'appareillage est également le toit du bâtiment, l'ancrage du toit sur les murs doit être approprié en matière d'évacuation de la pression.

### **7.5.2.5 Planchers**

Les planchers doivent être plats et stables et ils doivent être en mesure de supporter les charges statiques et dynamiques.

Des planchers surélevés doivent être aménagés afin d'empêcher la propagation des incendies.

## **7.5.3 Salles des appareillages**

Les dimensions de la salle et des ouvertures d'évacuation de pression nécessaires dépendent du type d'appareillage et du courant de court-circuit.

Si des ouvertures d'évacuation de pression sont nécessaires, elles doivent être aménagées et situées de telle sorte que lorsqu'elles fonctionnent (soufflage dû à un défaut de l'arc), les dangers pour les personnes et tous dommages aux biens sont minimisés.

## **7.5.4 Zones de service**

Les zones de service comprennent les corridors, les couloirs, les zones d'accès, les passages destinés à la manutention et les routes d'évacuation.

Les couloirs et les zones d'accès doivent être adéquatement dimensionnés pour permettre l'exécution des travaux, le fonctionnement de l'appareillage et le transport des matériels.

Les couloirs doivent avoir une largeur d'au moins 800 mm.

La largeur des couloirs ne doit pas être réduite même lorsque les matériels se trouvent en saillie dans les couloirs, par exemple mécanismes installés de façon permanente ou chariots d'appareillage en position isolée.

L'espace d'évacuation doit toujours avoir une dimension minimale de 500 mm, même lorsque des parties amovibles ou des portes ouvertes, bloquées dans la direction de l'évacuation, empiètent sur les routes d'évacuation.

En ce qui concerne les passages d'accès de service ou de montage derrière les installations fermées (murs pleins), une largeur de 500 mm est suffisante.

### **7.5.2.3 Windows**

Windows shall be designed so that entry is difficult. This requirement is considered fulfilled if one or more of the following measures are applied:

- the window is made of unbreakable material;
- the window is screened;
- the lower edge of the window is at least 1,8 m above the access level;
- the building is surrounded by an external fence at least 1,8 m high.

### **7.5.2.4 Roofs**

The roof of the building shall have sufficient mechanical strength to withstand the environmental conditions.

If the ceiling of the switchgear room is also the roof of the building, the anchoring of the roof to the walls shall be adequate in terms of pressure relief.

### **7.5.2.5 Floors**

The floors shall be flat and stable and shall be able to support the static and dynamic loads.

Raised floors shall be arranged so that the spread of fire is prevented.

## **7.5.3 Rooms for switchgear**

The dimensions of the room and of required pressure relief openings depend on the type of switchgear and the short-circuit current.

If pressure relief openings are necessary, they shall be arranged and situated in such a way that when they operate (blow out due to an arc fault) the danger to persons and damage to property is minimized.

## **7.5.4 Service areas**

Service areas comprise aisles, access areas, handling passages and escape routes.

Aisles and access areas shall be adequately dimensioned for carrying out work, operating switchgear and transporting equipment.

Aisles shall be at least 800 mm wide.

The width of the aisles shall not be reduced even where equipment projects into the aisles, for example permanently installed operating mechanisms or switchgear trucks in isolated positions.

Space for evacuation shall always be at least 500 mm, even when removable parts or open doors, which are blocked in the direction of escape, intrude into the escape routes.

For erection or service access ways behind closed installations (solid walls), a width of 500 mm is sufficient.

Le personnel doit avoir à tout moment un accès libre et en toute sécurité.

Il convient que les portes des travées ou des compartiments de l'appareillage se ferment dans la direction d'évacuation.

Une hauteur minimale de 2 000 mm est exigée sous les plafonds, couvertures ou enceintes, sauf en ce qui concerne les accès de câbles.

Des issues doivent être aménagées de façon que la longueur de la route d'évacuation à l'intérieur de la salle ne dépasse pas 40 m pour l'installation de tensions nominales  $U_m$  de plus de 52 kV, et 20 m pour l'installation de tensions nominales allant jusqu'à  $U_m = 52$  kV. Cela ne s'applique pas aux conduits accessibles des barres ou aux conduits de câbles.

Si un couloir d'exploitation ne dépasse pas 10 m, une seule issue suffit. Une issue ou des possibilités de secours doivent être prévues aux deux extrémités de la route d'évacuation si sa longueur est supérieure à 10 m.

Les échelles ou éléments analogues installés en permanence sont autorisés comme issues de secours dans les routes d'évacuation.

#### **7.5.5 Portes**

Les portes d'accès doivent être équipées de verrous de sécurité.

Les portes d'accès doivent s'ouvrir vers l'extérieur et être munies de signaux de sécurité conformément à 8.8.

Les portes qui s'ouvrent sur l'extérieur doivent être en matériau de faible inflammabilité, sauf lorsque le bâtiment est entouré par une clôture extérieure d'au moins 1,8 m de hauteur.

Il n'est pas exigé que les portes entre les diverses salles d'une zone d'exploitation électrique fermée aient des verrous.

Il doit être possible d'ouvrir les portes de secours depuis l'intérieur sans clé en utilisant un loquet ou un autre moyen simple, même lorsqu'elles sont verrouillées depuis l'extérieur. Cette exigence n'a pas à être respectée pour les petites installations où la porte doit rester ouverte pendant l'exploitation ou le service.

La hauteur minimale d'une porte de secours doit être de 2 000 mm et l'ouverture totale minimale de 750 mm.

#### **7.5.6 Drainage des liquides isolants**

Des mesures de protection doivent être prises lorsque des liquides isolants sont utilisés (voir également 8.7).

#### **7.5.7 Climatisation et ventilation**

On doit établir des conditions climatiques intérieures adéquates, par exemple au moyen d'un refroidissement approprié, de chauffage, de déshumidification et de ventilation ou par la conception appropriée du bâtiment.

En ce qui concerne les salles de transformateurs, il est préférable d'employer une ventilation naturelle.

Clear and safe access for personnel shall be provided at all times.

The doors of switchgear cubicles or bays should close in the direction of escape.

Below ceilings, covers or enclosures, except cable accesses, a minimum height of 2 000 mm is required.

Exits shall be arranged so that the length of the escape route within the room does not exceed 40 m for installation of rated voltages  $U_m$  greater than 52 kV, and 20 m for installation of rated voltages up to  $U_m = 52$  kV. This does not apply to accessible bus ducts or cable ducts.

If an operating aisle does not exceed 10 m, one exit is enough. An exit or emergency possibilities shall be provided at both ends of the escape route if its length exceeds 10 m.

Permanently installed ladders or similar are permissible as emergency exits in escape routes.

#### **7.5.5 Doors**

Access doors shall be equipped with security locks.

Access doors shall open outwards and be provided with safety signs in accordance with 8.8.

Doors which lead to the outside shall be of low flammability material, except where the building is surrounded by an external fence at least 1,8 m high.

Doors between various rooms within a closed electrical operating area are not required to have locks.

It shall be possible to open emergency doors from the inside without a key by using a latch or other simple means, even when they are locked from the outside. This requirement need not be complied with for small installations where the door has to be kept open during operating or servicing.

The minimum height of an emergency door shall be 2 000 mm and the minimum clear opening 750 mm.

#### **7.5.6 Draining of insulating liquids**

Protective measures shall be taken when insulating liquids are used (see also 8.7).

#### **7.5.7 Air conditioning and ventilation**

Indoor climate conditions shall be established e.g. by adequate cooling, heating, dehumidifying, ventilation or by adequate design of the building.

It is preferable to use natural ventilation for transformer rooms.

Les systèmes de ventilation forcée (permanents ou mobiles) doivent être conçus afin de tenir compte de l'évacuation des fumées du bâtiment.

Il est recommandé d'assurer la surveillance continue de la marche d'un ventilateur permanent.

Les ouvertures de ventilation doivent être conçues de façon à empêcher tout voisinage dangereux auprès des éléments sous tension et toute pénétration dangereuse de corps étrangers.

Les médiums réfrigérants et de transfert de chaleur ne doivent pas contenir d'impuretés mécaniques ou de substances chimiques agressives en quantités ou qualités qui peuvent s'avérer dangereuses pour le fonctionnement approprié des matériels de l'installation.

Si nécessaire, on doit prévoir des filtres ou des échangeurs de chaleur.

Les systèmes de ventilation mécanique doivent être agencés et placés de manière à pouvoir en effectuer l'inspection et la maintenance même lorsque l'appareillage fonctionne.

#### **7.5.8 Bâtiments qui exigent un examen particulier**

En ce qui concerne les installations à haute tension situées dans des bâtiments publics ou résidentiels, des conditions particulières doivent être remplies conformément aux normes ou réglementations nationales en vigueur.

#### **7.6 Sous-stations préfabriquées à haute tension/basse tension**

En ce qui concerne les règlements relatifs à la construction et aux essais, voir la CEI 61330.

Les sous-stations compactes doivent être situées de façon que la circulation routière ne soit pas susceptible de les endommager. Un espace adéquat aux fins d'exploitation et de maintenance doit également être prévu.

#### **7.7 Installations électriques sur mât, pylône et tour**

La hauteur minimale  $H'$  des éléments sous tension au-dessus des surfaces accessibles au grand public doit être de

- $H' = 4\,300$  mm pour des tensions nominales  $U_m$  jusqu'à 52 kV;
  - $H' = N + 4\,500$  mm (minimum 6 000 mm) pour des tensions nominales  $U_m$  au-dessus de 52 kV;
- où  $N$  est l'espace libre minimal.

Lorsque la réduction des distances de sécurité due à l'effet de la neige sur les surfaces accessibles doit être prise en considération, les valeurs indiquées ci-dessus doivent être augmentées.

Les dispositifs d'isolement et les fusibles doivent être agencés de sorte qu'ils puissent fonctionner sans danger. Si nécessaire, les dispositifs d'isolement doivent pouvoir être verrouillés. Les barres opérationnelles doivent être conformes à la norme applicable.

Une connexion de sécurité entre phase et phase et mise à la terre de la ligne aérienne doit être possible.



Forced ventilation systems (permanent or mobile) shall be designed to take into consideration smoke removal from the building.

Monitoring of the operation of a permanent fan is recommended.

Ventilation openings shall be designed so as to prevent any dangerous proximity to live parts and any dangerous ingress of foreign bodies.

Coolants and heat transfer media shall not contain mechanical impurities or chemically aggressive substances in quantities or qualities which may be hazardous to the correct function of the equipment in the installation.

Filters or heat exchangers shall be provided, if necessary.

Mechanical ventilation systems shall be so arranged and placed that inspection and maintenance can be carried out even when the switchgear is in operation.

#### **7.5.8 Buildings which require special consideration**

For high voltage installations located in public or residential buildings, special conditions shall be imposed, in accordance with existing standards or national regulations.

#### **7.6 High voltage/low voltage prefabricated substations**

For the rules governing manufacture and testing, see IEC 61330.

Compact substations shall be situated so that they are unlikely to be damaged by road vehicles. Adequate space for operating and maintenance purposes shall also be provided.

#### **7.7 Electrical installations on mast, pole and tower**

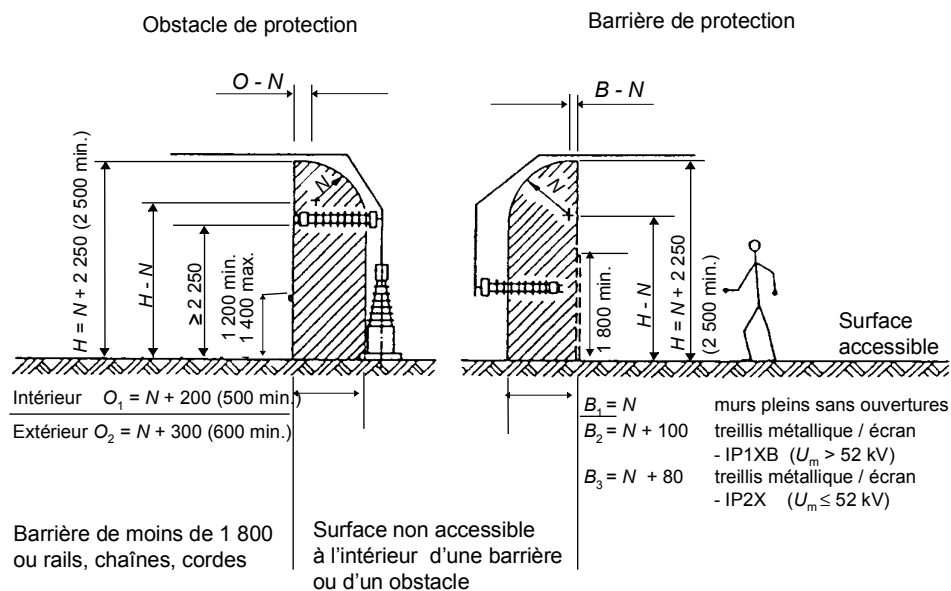
The minimum height  $H'$  of live parts above surfaces accessible to the general public shall be

- $H' = 4\,300$  mm for rated voltages  $U_m$  up to 52 kV;
  - $H' = N + 4\,500$  mm (minimum 6 000 mm) for rated voltages  $U_m$  above 52 kV;
- where  $N$  is the minimum clearance.

Where the reduction of safety distances due to the effect of snow on accessible surfaces needs to be considered, the values given above shall be increased.

Isolating equipment and fuses shall be arranged so that they can be operated without danger. If necessary, isolating equipment shall be capable of being locked. The operating rods shall be compliant with the relevant standard.

Safe phase-to-phase connection and earthing of the overhead line shall be possible.

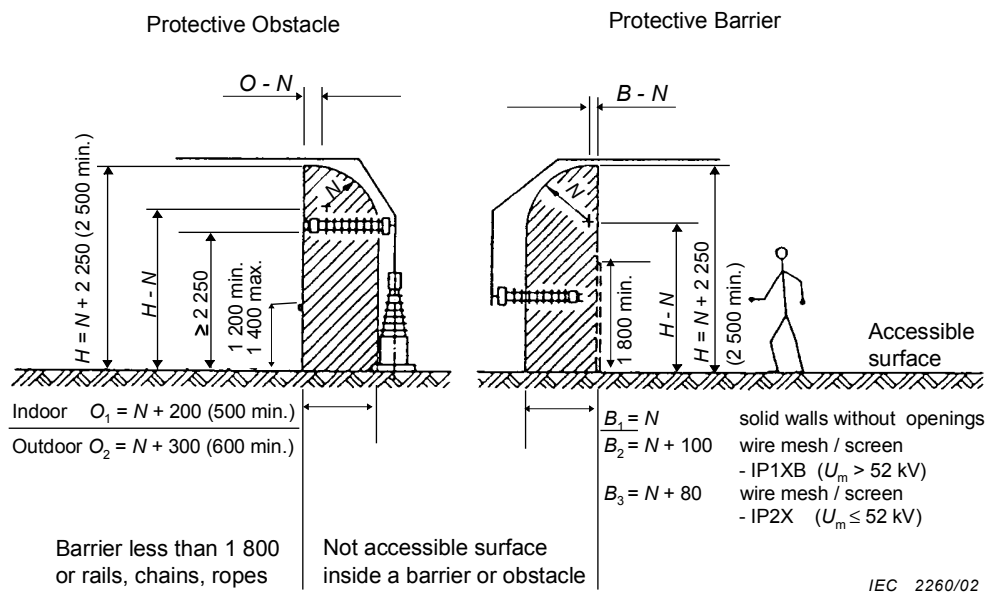


IEC 2260/02

$N$  = Espace minimal  
 $O$  = Espace obstacle  
 $B$  = Espace barrière

Dimensions en millimètres

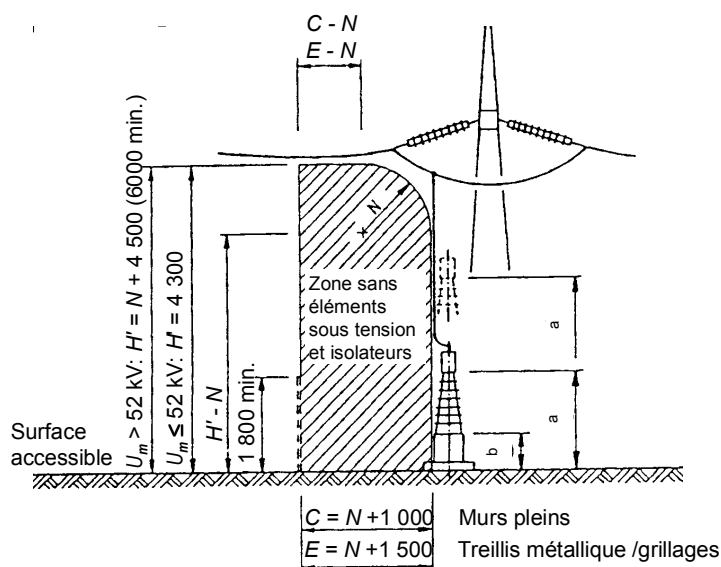
**Figure 1 – Protection contre le contact direct au moyen de barrières/obstacles de protection à l'intérieur de zones d'exploitation électrique fermées**



$N$  = Minimum clearance  
 $O$  = Obstacle clearance  
 $B$  = Barrier clearance

*Dimensions in millimetres*

**Figure 1 – Protection against direct contact by protective barriers/protective obstacles within closed electrical operating areas**



IEC 2261/02

$H'$  = espace minimal des éléments sous tension au-dessus de la surface accessible de la clôture extérieure.

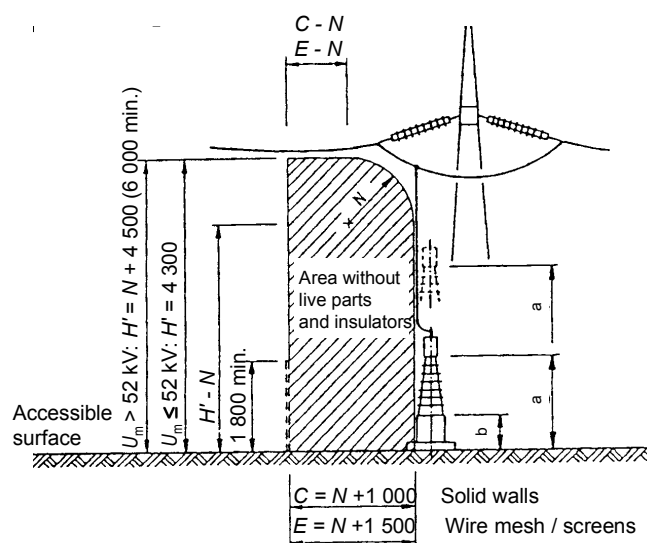
$N$  = espace minimal

<sup>a</sup> Si la distance aux éléments sous tension est inférieure à  $H$ , il faut prévoir une protection par barrières ou obstacles

<sup>b</sup> Si cette distance est moins de 2 250 mm, il faut prévoir une protection par barrières ou obstacles

Dimensions en millimètres

**Figure 2 – Distances des limites et hauteur minimale à la clôture/mur extérieurs**



IEC 2261/02

$H'$  = Minimum clearance  
of live parts above  
accessible surface at  
the external fence

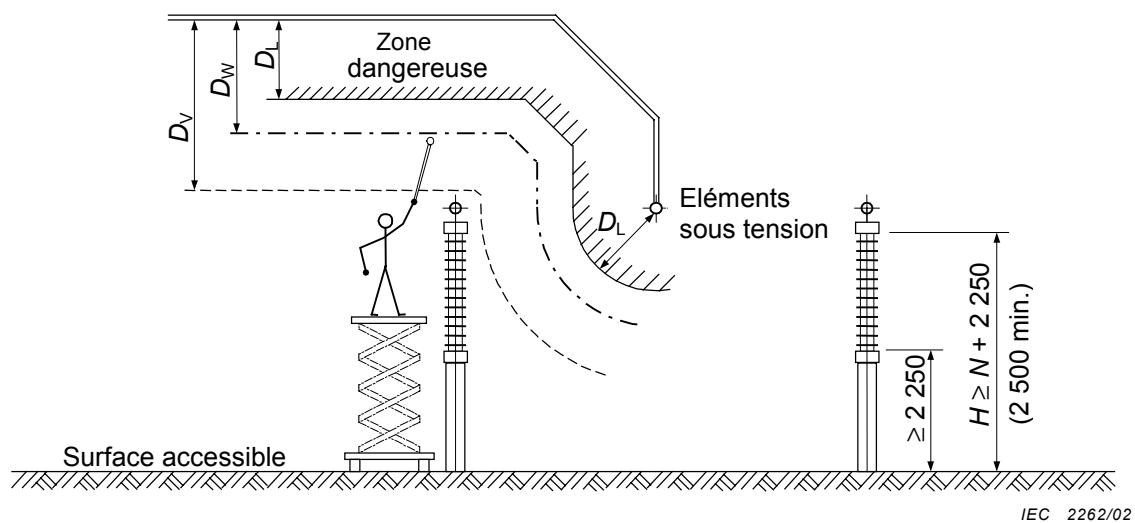
$N$  = Minimum clearance

<sup>a</sup> If this distance to live parts  
is less than  $H$ , protection  
by barriers or obstacles  
shall be provided

<sup>b</sup> If this distance is smaller  
than 2 250 mm, protection  
by barriers or obstacles  
shall be provided

*Dimensions in millimetres*

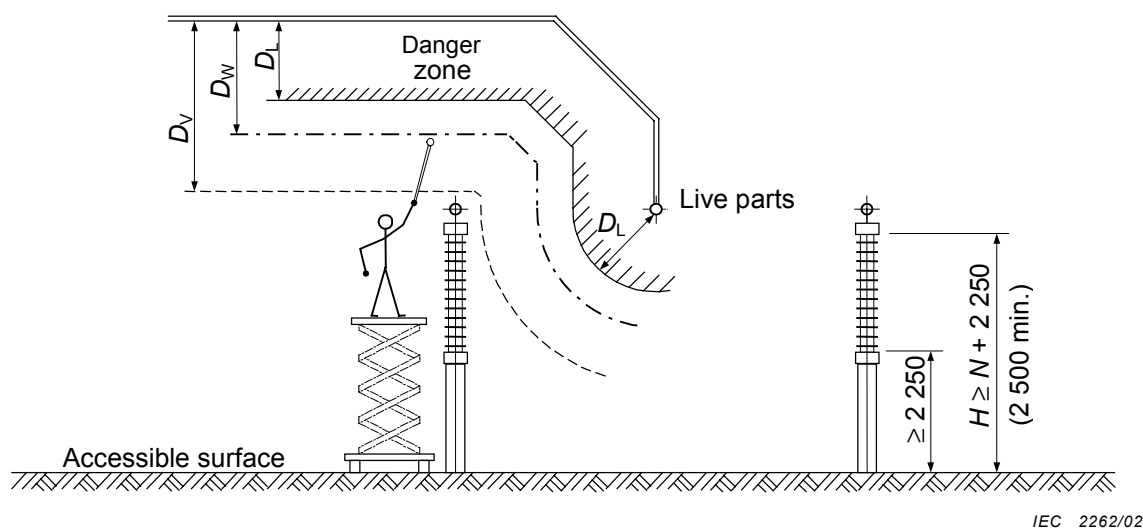
**Figure 2 – Boundary distances and minimum height at the external fence/wall**



- $D_L = N$
- $D_V = N + 1\,000$  pour  $U_n \leq 110$  kV
- $D_V = N + 2\,000$  pour  $U_n > 110$  kV
- $D_W =$  conformément aux normes et règlements nationaux
- $N =$  espace minimum

Dimensions en millimètres

**Figure 3 – Hauteurs minimales et espaces libres minimaux de travail à l'intérieur de zones d'exploitation électrique fermées**



$D_L = N$   
 $D_V = N + 1\,000$  for  $U_n \leq 110$  kV  
 $D_V = N + 2\,000$  for  $U_n > 110$  kV  
 $D_W =$  according to national standards or regulations  
 $N =$  minimum clearance

*Dimensions in millimetres*

**Figure 3 – Minimum heights and minimum working clearances within closed electrical operating areas**

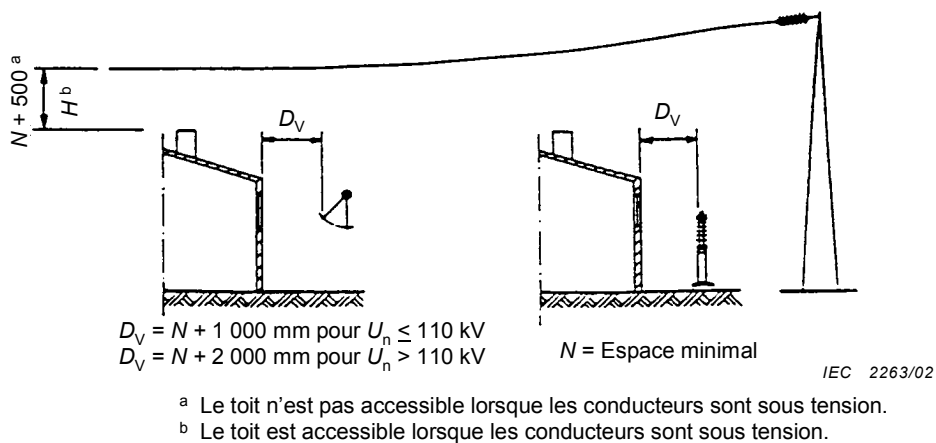


Figure 4a - Mur extérieur avec fenêtres sans blindage

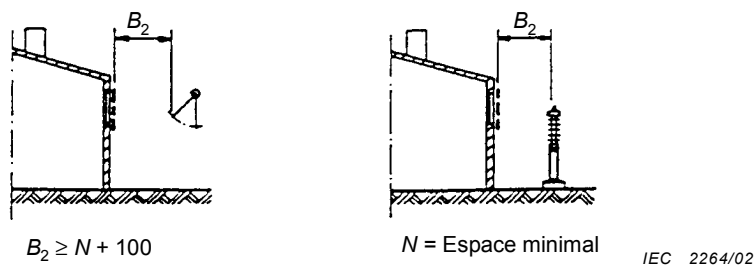


Figure 4b - Mur extérieur avec fenêtres blindées

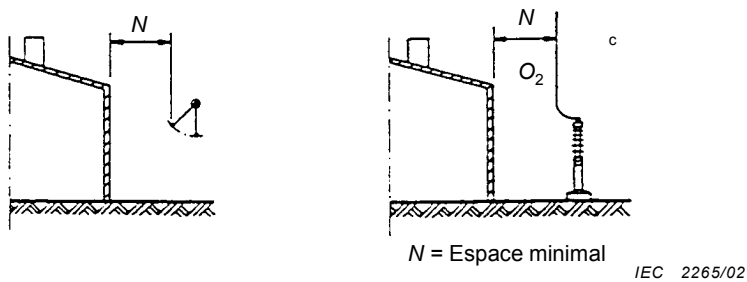


Figure 4c - Mur extérieur sans fenêtres

Dimensions en millimètres

Figure 4 – Approches avec bâtiments  
 (à l'intérieur de zones d'exploitation électrique fermées)



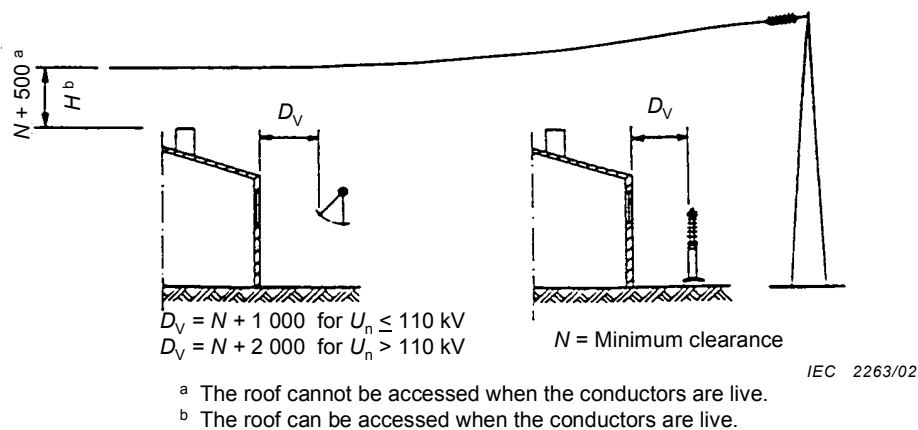


Figure 4a - Outer wall with unscreened windows

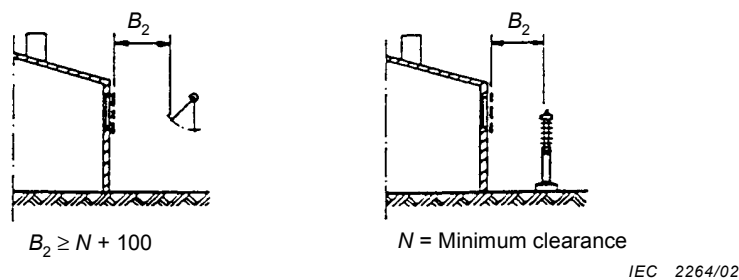


Figure 4b - Outer wall with screened windows

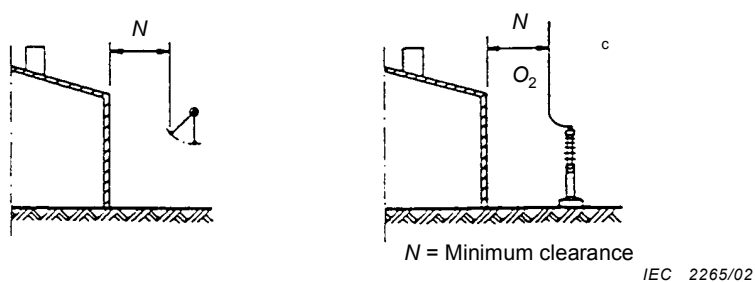
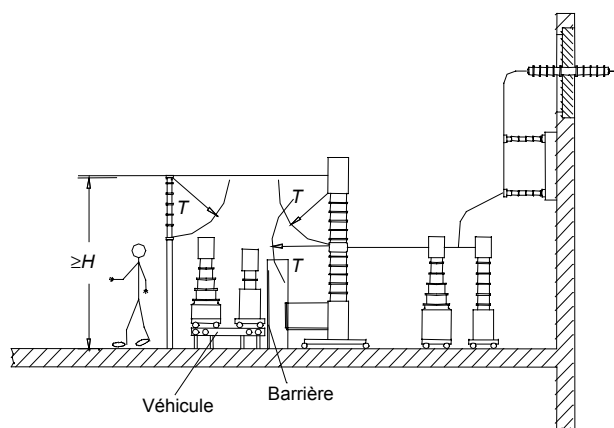


Figure 4c - Outer wall without windows

Dimensions in millimetres

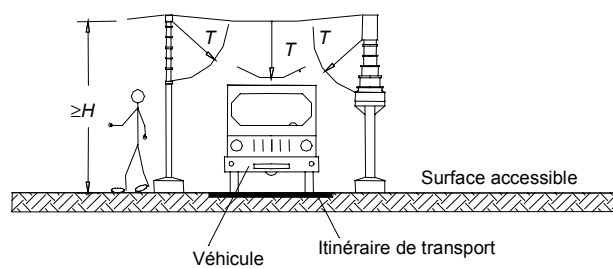
Figure 4 – Approaches with buildings (within closed electrical operating areas)

# Installation intérieure



$T = N + 100$  (500 min.)  
 $N$  = espace minimal

# Installation extérieure

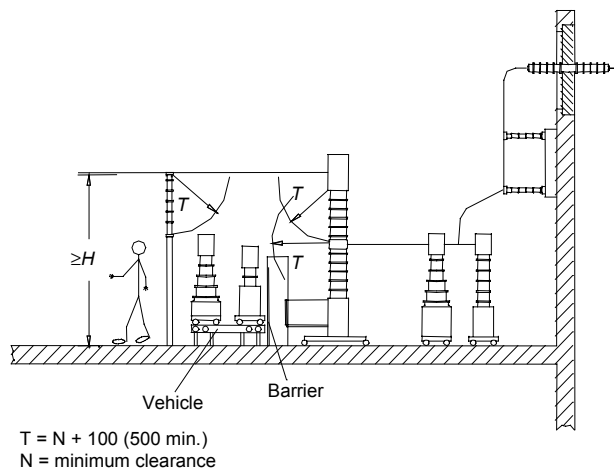


IEC 2266/02

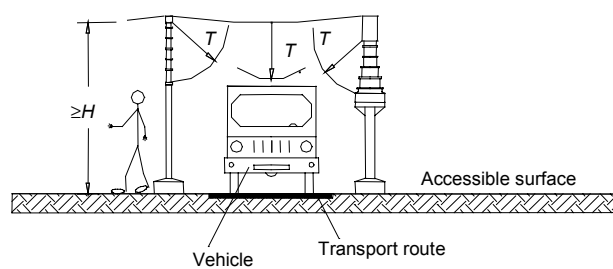
Dimensions en millimètres

**Figure 5 – Distances minimales d'approche pour le transport**

## Indoor installation



## Outdoor installation



IEC 2266/02

*Dimensions in millimetres***Figure 5 – Minimum approach distance for transport**

## **8 Mesures de sécurité**

Les installations doivent être réalisées de façon à permettre au personnel d'exploitation et de maintenance de circuler et d'intervenir en toute sécurité dans le cadre de ses tâches et de ses autorisations, suivant les circonstances, en tout point de l'installation.

Les travaux particuliers de maintenance, de préparation et de réparation impliquant de travailler au voisinage ou sur des pièces sous tension, sont régis par les règles, procédures, distances de travail définies dans les normes et règlements nationaux.

### **8.1 Protection contre les contacts directs**

#### **8.1.1 Généralités**

Les installations doivent être réalisées de façon à éviter tout contact accidentel avec les parties actives ou une pénétration fortuite dans une zone dangereuse près des parties actives.

Une protection doit être prévue pour les parties actives, celles ne possédant qu'une isolation fonctionnelle et celles pouvant être portées à un potentiel dangereux.

Des exemples de telles parties sont les suivants:

- parties actives accessibles;
- parties d'installations dans lesquelles les gaines métalliques reliées à la terre ou les écrans conducteurs des câbles ont été retirés;
- câbles et accessoires sans gaine métallique de mise à la terre ou sans écran conducteur élastomère relié à la terre, ainsi que les câbles souples sans écran conducteur élastomère;
- extrémités et gaines conductrices de câbles, si elles peuvent propager une tension dangereuse;
- corps isolants d'isolateurs et autres parties semblables, par exemple matériel électrique isolé par de la résine moulée, si une tension de contact dangereuse peut apparaître;
- châssis ou boîtiers de condensateurs, convertisseurs et transformateurs convertisseurs qui peuvent présenter une tension dangereuse en fonctionnement normal;
- enroulements de machines électriques, de transformateurs et de réactances à noyau d'air.

La protection peut être obtenue par différents moyens, selon que l'installation est placée ou non dans une zone d'exploitation électrique fermée.

La CEI 61140 traite de la protection contre les chocs électriques.

#### **8.1.2 Mesures de protection contre les contacts directs**

##### **8.1.2.1 Les types de protection suivants sont reconnus.**

- Protection par enveloppe.
- Protection par barrière.
- Protection par obstacle.
- Protection par mise hors de portée.

## **8 Safety measures**

Installations shall be constructed in such a way as to enable the operating and maintenance personnel to circulate and intervene within the framework of their duties and authorizations, according to circumstances, at any point of the installation.

Specific maintenance work, preparation and repair work, which involve working in the vicinity of live parts or actual work on live parts, are carried out observing the rules, procedures and work distances as defined in national standards and regulations.

### **8.1 Protection against direct contact**

#### **8.1.1 General**

Installations shall be constructed so that unintentional touching of live parts or unintentional reaching into a dangerous zone near live parts is prevented.

Protection shall be provided for live parts, parts with functional insulation only and parts which can be considered to carry a dangerous potential.

Examples of such parts are as follows:

- exposed live parts;
- parts of installations where earthed metallic sheaths or conducting screens of cables have been removed;
- cables and accessories without earthed metallic sheaths or earthed conducting elastomeric screens, as well as flexible cables without conducting elastomeric screens;
- terminations and conducting sheathing of cables, if they can carry a dangerous voltage;
- insulating bodies of insulators and other such parts, for example electrical equipment insulated by cast resin, if a dangerous touch voltage can occur;
- frames or cases of capacitors, converters and converter transformers, which can carry a dangerous voltage during normal operation.
- windings of electrical machines, transformers and air-cored reactors.

Protection may be achieved by different means, depending on whether the installation is located in a closed electrical operating area or not.

Information on protection against electric shock is given in IEC 61140.

#### **8.1.2 Measures for protection against direct contact**

**8.1.2.1** The following types of protection are recognized.

- Protection by enclosure.
- Protection by barrier.
- Protection by obstacle.
- Protection by placing out of reach.

### **8.1.2.2 Conception des mesures de protection**

Les barrières peuvent être des murs en dur, des portes ou des écrans (grillage) d'une hauteur minimale de 1 800 mm afin qu'aucune partie du corps humain ne puisse atteindre la zone dangereuse à proximité des parties sous tension.

Les obstacles de protection peuvent être, par exemple, des capots, des rails, des chaînes et des câbles aussi bien que des murs, des portes et des écrans de moins de 1 800 mm de hauteur et ne pouvant de ce fait être considérés comme des barrières de protection.

La protection par mise hors de portée est obtenue en plaçant les parties sous tension hors d'une zone s'étendant à partir de toute surface où des personnes peuvent se tenir ou se déplacer habituellement, et hors des limites qu'une personne peut atteindre en étendant le bras dans toutes les directions (voir article 7).

Les dispositifs de protection utilisés pour les mesures de protection contre les contacts directs tels que les murs, capots, obstacles, etc., doivent être mécaniquement robustes et solidement fixés.

Les portes des locaux contenant l'appareillage ou celles des compartiments utilisés comme parties d'une enveloppe doivent être conçues de telle sorte qu'elles ne puissent être ouvertes qu'à l'aide d'un outil ou d'une clé. Dans les endroits extérieurs aux locaux de service électrique fermés, ces portes doivent être munies de serrures de sécurité.

Les dispositifs de protection démontables et conducteurs doivent être fixés de façon telle que, s'ils sont correctement utilisés, la distance de sécurité appropriée soit maintenue (protection par barrière ou obstacle). Dans les autres cas, des matériaux isolants ou du bois sec doivent être utilisés. Il est permis qu'un rail puisse être démonté sans outil. Les rails de protection doivent être rigides.

Dans les zones ou locaux accessibles au public, les dispositifs de protection ne doivent pas pouvoir être enlevés facilement depuis l'extérieur avec des outils courants.

### **8.1.3 Prescriptions de protection**

#### **8.1.3.1 Protection à l'extérieur des locaux de service électrique fermés**

A l'extérieur des locaux de service électrique fermés, seules les mesures de protection par enveloppe ou par mise hors de portée sont admises.

Lorsque la protection par enveloppe est utilisée, le degré de protection doit respecter au minimum les conditions requises par l'IP2XC.

NOTE A titre d'exception peuvent être admis des orifices de ventilation tels qu'une tige métallique rectiligne ne puisse provoquer un danger en pénétrant dans le matériel et en s'approchant des parties devant être protégées contre les contacts directs.

Lorsque la protection par mise hors de portée est utilisée, les distances de sécurité verticales entre les surfaces accessibles et les parties à protéger contre les contacts directs doivent être conformes à 7.2.6 ou à la figure 2.

#### **8.1.3.2 Protection à l'intérieur des locaux de service électrique fermés**

A l'intérieur des locaux de service électrique fermés, les mesures de protection par enveloppe, barrière, obstacle, ou mise hors de portée sont admises.

Lorsque la mesure de protection par enveloppe est utilisée, le degré de protection doit respecter au minimum les conditions requises par l'IP2X. Cependant, des mesures de protection spéciales contre les dangers dus aux arcs peuvent être nécessaires.

### **8.1.2.2 Design of protective measures**

Protective barriers can be solid walls, doors or screens (wire mesh) with a minimum height of 1 800 mm to ensure that no part of the body of a person can reach the dangerous zone near live parts.

Protective obstacles can, for example, be covers, rails, chains and ropes as well as walls, doors and screens which are less than 1 800 mm high and therefore cannot be considered as protective barriers.

Protection by placing out of reach is achieved by placing live parts outside a zone extending from any surface where persons can usually stand or move about, to the limits which a person can reach with a hand in any direction (see clause 7).

Protective facilities used as a protective measure against direct contact, such as walls, covers, protective obstacles, etc., shall be mechanically robust and securely mounted.

Doors of switchgear rooms or bays used as a part of an enclosure shall be designed so that they can be opened only by using a tool or a key. In areas outside closed electrical operating areas, these doors shall be provided with safety locks.

Movable, conductive protective facilities shall be secured so that when correctly used the relevant protective barrier or protective obstacle clearance is maintained; otherwise they shall be made of insulating material or dry wood. It is permitted that a rail may be removed without the use of a tool. Protective rails shall be rigid.

In areas or rooms accessible to the public, protective facilities shall not be easily removable from outside with normal tools.

### **8.1.3 Protection requirements**

#### **8.1.3.1 Protection outside of closed electrical operating areas**

Outside the closed electrical operating areas, only protection by enclosure or protection by placing out of reach is allowed.

When protection by enclosure is used, the minimum degree of protection shall be IP2XC.

NOTE As an exception, ventilation openings may be such that a straight wire cannot intrude into the equipment in such a way that it causes danger by approaching parts needing to be protected from direct contact.

When protection by placing out of reach is used, the vertical clearances between accessible surfaces and the parts to be protected from direct contact shall be in accordance with 7.2.6 or figure 2.

#### **8.1.3.2 Protection inside closed electrical operating areas**

Inside closed electrical operating areas, protection by enclosure, protective barrier, protective obstacle or placing out of reach is allowed.

When protection by enclosure is used, the degree of protection shall meet the requirements of IP2X in minimum. However, special protection measures to meet danger resulting from arc faults may be necessary.

Lorsque la protection par barrière est utilisée, voir 7.2.1.

Lorsque la protection par obstacle est utilisée, voir 7.2.2 et 7.3.

Lorsque la protection par mise hors de portée est utilisée, voir 7.2.4 et 7.2.5.

NOTE Des prescriptions plus détaillées concernant les clôtures extérieures, les voies de circulation, les croisements et les accès aux bâtiments, etc. sont données à l'article 7.

### **8.1.3.3 Protection en exploitation normale**

NOTE Il convient de prendre en compte les normes applicables pour l'exploitation des installations électriques.

Les mesures de protection dans une installation doivent tenir compte de la nécessité d'y accéder pour les opérations d'exploitation, de conduite et d'entretien telles que

- la commande d'un disjoncteur ou d'un sectionneur;
- le changement d'un fusible ou d'une lampe;
- l'ajustement de la valeur de réglage d'un dispositif;
- le réglage d'un relais ou d'un indicateur;
- la mise à la terre pour une intervention;
- le montage d'un volet temporaire d'isolement;
- la lecture de la température ou du niveau d'huile d'un transformateur.

Dans des installations de tension  $U_m \leq 52$  kV, dans lesquelles des portes ou des capots doivent être ouverts pour l'exploitation normale ou pour l'entretien, il peut être nécessaire de prévoir des rails de protection fixes non conducteurs à titre de mise en garde.

## **8.2 Dispositions de protection des personnes contre les contacts indirects**

Les mesures à prendre pour protéger les personnes contre les contacts indirects sont données à l'article 10.

La CEI 61140 traite de la protection contre les chocs électriques.

## **8.3 Dispositions de protection des personnes travaillant sur des installations électriques**

Les installations électriques doivent être construites et installées de manière à garantir que les mesures nécessaires à la protection des personnes travaillant dans ou sur les installations électriques puissent être appliquées. Les normes appropriées pour l'exploitation et l'entretien des installations électriques doivent également être prises en compte. Les procédures de travail doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE Si des fonctions individuelles sont traitées dans des articles séparés, ces fonctions peuvent être regroupées au sein d'un même matériel.

### **8.3.1 Matériel pour l'isolement des installations ou des appareils**

Le matériel fourni doit permettre d'isoler tout ou partie de l'installation en conformité avec les règles d'exploitation.

Cela peut être réalisé par des sectionneurs ou interrupteurs-sectionneurs (voir 6.2.1) ou en déconnectant une partie de l'installation, par exemple en enlevant des barrettes ou des bretelles. Dans ce dernier cas, voir 5.4.1.



When protection by protective barrier is used, see 7.2.1.

When protection by protective obstacle is used, see 7.2.2 and 7.3.

When protection by placing out of reach is used, see 7.2.4 and 7.2.5.

NOTE For more detailed requirements on external fences, transport routes, crossings and access to buildings, etc., see clause 7.

### **8.1.3.3 Protection during normal operation**

NOTE The relevant standards for operation of electrical installations should be taken into account.

Protection measures in an installation shall take into account the need for access for purposes of operation and control and maintenance, e.g.:

- control of a circuit-breaker or a disconnector;
- changing a fuse or a lamp;
- adjusting a setting value of a device;
- resetting a relay or an indicator;
- earthing for work;
- erection of a temporary insulating shutter;
- reading the temperature or oil level of a transformer.

In installations with  $U_m \leq 52$  kV, where doors or covers have to be opened in order to carry out normal operation or maintenance, it may be necessary to provide fixed non-conductive rails as a warning.

## **8.2 Means to protect persons in case of indirect contact**

Measures to be taken in order to protect persons in case of indirect contact are given in clause 10.

Information on protection against electric shock is given in IEC 61140.

## **8.3 Means to protect persons working on electrical installations**

Electrical installations shall be constructed and installed to ensure that the measures necessary for the protection of persons working in or on electrical installations can be employed. The relevant standards for operation and maintenance of electrical power installations shall also be taken into account. The working procedures shall be agreed upon between the manufacturer and the user.

NOTE Whilst individual functions are considered in separate subclauses, these functions may be combined in a single item of equipment.

### **8.3.1 Equipment for isolating installations or apparatus**

Equipment shall be provided by means of which the complete installation or sections thereof can be isolated, depending on operating requirements.

This may be achieved by disconnectors or switch disconnectors (see 6.2.1) or by disconnecting part of the installation, for example by removing links or cable loops. In the latter case, see 5.4.1.

Les installations ou parties d'installations qui peuvent être alimentées à partir de plusieurs sources doivent être conçues de façon que toutes les sources puissent être isolées.

Si les points neutres de plusieurs matériels sont disposés en parallèle, il doit être possible de les isoler individuellement. Cela s'applique également aux bobines et résistances de mise à la terre associées. La protection contre les surtensions doit être assurée.

Si des parties du matériel, par exemple des condensateurs, peuvent encore être porteurs de potentiel après déconnexion complète de l'installation, des dispositifs doivent être prévus pour les décharger.

Les distances de séparation ne peuvent être court-circuitées par des isolateurs que si les courants de fuite entre bornes de part et d'autre sont évités.

### **8.3.2 Dispositifs pour empêcher la fermeture intempestive des dispositifs de sectionnement**

Des dispositifs appropriés doivent être prévus pour rendre inopérante la force d'action (c'est-à-dire la tension d'un ressort, une pression pneumatique, l'énergie électrique) ou la commande des mécanismes permettant le fonctionnement des appareillages utilisés pour le sectionnement. Sur demande de l'utilisateur, ces dispositifs peuvent être verrouillables.

Si des parties amovibles, telles que des fusibles ou des disjoncteurs à vis, sont utilisées pour une déconnexion complète et sont remplacées par des culots ou des bouchons, ces culots ou bouchons ne doivent pouvoir être enlevés qu'à l'aide d'un outil approprié, par exemple une clé.

Des interrupteurs à commande manuelle doivent permettre d'utiliser des dispositifs mécaniques de verrouillage pour éviter toute reconnexion.

### **8.3.3 Dispositifs de vérification de l'absence de tension**

Des dispositifs de vérification de l'absence de tension doivent être prévus si nécessaire, en conformité avec les règles d'exploitation. La mise en place de tels dispositifs doit être établie après accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Tous les dispositifs fournis doivent permettre de vérifier l'absence de tension à tous les points où le travail doit être exécuté et sur toutes les parties qui étaient précédemment sous tension, sans danger pour les personnes exécutant le travail.

Du matériel fixe ou des dispositifs mobiles (voir la CEI 61243) peuvent être utilisés pour respecter ces prescriptions.

### **8.3.4 Dispositifs pour la mise à la terre et en court-circuit**

Chaque partie d'une installation qui peut être séparée des autres doit pouvoir être mise à la terre et en court-circuit.

Le matériel (par exemple les transformateurs ou les condensateurs) doit être pourvu d'un moyen de mise à la terre et en court-circuit au point d'installation, sauf s'il est situé dans le voisinage immédiat de l'appareillage associé. Cette prescription ne s'applique pas aux parties d'un système où elle se révèle impraticable ou inadéquate (par exemple des transformateurs ou des machines électriques avec des extrémités de câble avec collerette de montage ou avec des boîtes de connexions). Dans ces cas, la mise à la terre et en court-circuit doit être effectuée dans les armoires ou compartiments associés, côtés primaires et secondaires. Dans les conditions normales, il doit être possible de mettre à la terre et en court-circuit les deux côtés d'un transformateur.

Installations or parts of installations which can be energized from several sources shall be arranged so that all sources can be isolated.

If the neutral points of several pieces of equipment are arranged in parallel, it shall be possible to isolate them individually. This also applies to associated earth fault coils and resistors. The overvoltage protection shall be maintained.

Where equipment may still carry voltage after complete disconnection from the installation, for example capacitors, devices shall be provided to discharge them.

Isolating gaps may only be bridged by insulators if leakage currents from the terminal on one side to the terminal on the other side are prevented.

### **8.3.2 Devices to prevent reclosing of isolating devices**

Suitable devices shall be provided to render inoperative the actuating force (that is spring force, air pressure, electrical energy) or the control of power mechanisms used for the operation of switchgear employed for isolating purposes. Users may require that these devices shall be able to be locked.

Where removable parts such as fuses or screw-in circuit breakers are used for complete disconnection and are replaced by screw caps or blank inserts, these caps or inserts shall be such that they can only be removed using an appropriate tool such as a key.

Manually operated switches shall permit the use of mechanical locking devices to prevent reconnection.

### **8.3.3 Devices for determining the de-energized state**

Devices for determining that the equipment is no longer energized, shall be provided, where required, with due consideration for operational requirements. The extent of such provision shall be agreed upon between the supplier and the user.

All devices supplied shall permit the de-energized state to be checked at all points where the work is to be done and on all parts which have previously been live, without danger for the person performing the task.

Either fixed equipment or portable devices (see IEC 61243) can be used to meet this requirement.

### **8.3.4 Devices for earthing and short-circuiting**

Each part of an installation which can be isolated from the other parts of the system shall be arranged to enable it to be earthed and short-circuited.

Equipment (for example transformers or capacitors) shall be provided with a means of earthing and short-circuiting at the point of installation, except where it is located in the immediate vicinity of the associated switchgear. This requirement shall not apply to parts of a system where this is not practicable or is unsuitable (for example transformers or electrical machines with flange-mounted cable sealing ends or with cable connection boxes). In these cases, earthing and short-circuiting shall be effected in the associated switchgear cubicles or bays on the primary and secondary sides. Normally it should be possible to earth and short-circuit both sides of a transformer.

Les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit suivants doivent être prévus ou fournis, le système choisi devant faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur:

- interrupteurs de mise à la terre (essayés et/ou à verrouillage, de préférence);
- interrupteurs de mise à la terre montés sur chariots;
- piquets de mise à la terre et matériel de mise en court-circuit indépendants (voir la CEI 61230);
- piquets de mise à la terre et matériel de mise en court-circuit spécialisés (voir la CEI 61219).

Pour chaque partie d'une installation, des points de connexion convenablement dimensionnés et facilement accessibles doivent être prévus sur l'installation de mise à la terre et sur les parties actives, afin de permettre le raccordement du matériel de mise à la terre et en court-circuit. Les armoires ou compartiments de l'appareillage doivent être conçus de façon que le raccordement manuel du matériel de mise à la terre et en court-circuit à la borne de la prise de terre puisse être effectué conformément aux règles de travail au voisinage des parties actives.

Lorsque la mise à la terre et en court-circuit est réalisée par des interrupteurs de mise à la terre commandés à distance, la position de l'interrupteur doit être transmise d'une façon sûre au point de commande à distance.

### **8.3.5 Matériels agissant comme barrières de protection contre les parties actives voisines**

Tous les éléments de cloisonnement tels que murs, planchers, etc. doivent être construits en respectant les prescriptions de 7.2 ou 7.3.

Si des murs ou dispositifs de protection n'existent pas, la séparation entre les parties ou compartiments voisins doit respecter les distances appropriées.

S'il n'est pas possible de maintenir ces distances de sécurité, les parties actives au voisinage de la zone de travail doivent pouvoir être recouvertes par des cloisons ou parois isolées et mobiles, de manière à prévenir tout contact accidentel avec le corps des personnes, les outils, les matériels et les matériaux.

#### **8.3.5.1 Les cloisons isolées et mobiles doivent respecter les prescriptions suivantes:**

- a) les bords des volets isolants ne doivent pas être installés dans la zone dangereuse;
- b) les distances de sécurité permises à l'extérieur de la zone dangereuse sont les suivantes:
  - jusqu'à 10 mm de largeur, sans limitation,
  - jusqu'à 40 mm de largeur, à condition que la distance entre le bord du volet et la zone dangereuse soit d'au moins 100 mm,
  - jusqu'à 100 mm de largeur au voisinage des bases des sectionneurs.

Les cloisons isolées et mobiles, utilisées comme barrières de protection contre les parties actives, doivent faire partie du matériel ou être fournies séparément en conformité avec les règles d'exploitation, après accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Les cloisons isolées et mobiles doivent pouvoir être fixées de façon que leur position ne puisse être modifiée accidentellement lorsque leur déplacement peut créer un danger.

Les cloisons isolées et mobiles utilisées comme barrières de protection contre les parties actives ne doivent pas toucher les parties actives ou être en contact avec elles.

The following shall be provided for or supplied as earthing and short-circuiting devices, the system chosen being agreed upon between the supplier and the user:

- earthing switches (preferably fault-making and/or interlocked);
- earthing switch trucks;
- free earthing rods and short-circuiting equipment (see IEC 61230);
- guided earthing rods and short-circuiting equipment (see IEC 61219).

For each part of an installation, suitably dimensioned and easily accessible connection points shall be provided on the earthing system and on the live parts for connection of earthing and short-circuiting equipment. Switchgear cubicles or bays shall be designed so that connection of the earthing and short-circuiting equipment by hand to the earth terminal point can be carried out in accordance with the rules for carrying out work in the vicinity of live parts.

When earthing and short-circuiting is achieved by remotely controlled earthing switches, the switch position shall be reliably transmitted to the remote control point.

### **8.3.5 Equipment acting as protective barriers against adjacent live parts**

All boundary elements such as walls, floors, etc. shall be constructed according to 7.2 or 7.3.

If walls or protective facilities do not exist, the separation to neighbouring bays or sections shall respect the appropriate distances.

If working clearances cannot be maintained, live parts in the vicinity of the working area shall be capable of being covered by insertable insulated partitions or walls in such a way that accidental proximity to these parts by body parts, tools, equipment and materials is prevented.

**8.3.5.1** Mobile screens and insertable insulated partitions shall meet the following requirements:

- a) the edges of insulating shutters shall not be located within the danger zone;
- b) gaps are permissible outside the danger zone:
  - up to 10 mm wide without limitation,
  - up to 40 mm wide provided the distance from the edge of the shutter to the danger zone is at least 100 mm,
  - up to 100 mm wide in the vicinity of disconnector bases.

Insertable insulated partitions used as protective barriers against live parts shall be part of the equipment or provided separately in accordance with operational requirements by agreement between the supplier and the user.

Insertable insulated partitions shall be capable of being secured so that their position cannot be accidentally altered where this would lead to a hazardous condition.

Insertable insulated partitions used as protective barriers against live parts shall not touch or be in contact with live parts.

Il doit être possible d'installer et d'enlever des cloisons isolées et mobiles sans que des personnes soient obligées de pénétrer dans la zone dangereuse.

NOTE Cette condition peut être réalisée par le type de volets isolants (par exemple une cornière en tôle, des barres isolantes associées, et des tringles de commande appropriées) ou par l'installation (par exemple des rails-guides).

**8.3.5.2** Pour les installations sans cloisons de séparation installées de façon permanente, des cloisons mobiles appropriées doivent être prévues pour séparer les armoires ou autres compartiments voisins sous tension en accord avec les règles d'exploitation. Lorsque cela est spécifié, leurs dimensions doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Les cloisons de séparation qui pénètrent dans la zone dangereuse pendant l'installation ou l'enlèvement, ou qui se trouvent incorporées dans ladite zone, doivent respecter les conditions requises pour des plaques mobiles isolantes.

Les cloisons isolées et mobiles utilisées comme barrières de protection contre les parties actives ne doivent pas toucher les parties actives ou être en contact avec elles.

### **8.3.6 Stockage du matériel de prévention des accidents**

Si un matériel de prévention des accidents doit être stocké dans l'installation, un lieu doit être prévu à cet effet, où le matériel sera protégé de l'humidité, de la saleté et des dommages, tout en restant facilement accessible.

## **8.4 Protection contre les dangers provenant d'un arc**

Les installations électriques doivent être conçues et installées de façon que le personnel soit protégé autant que possible contre les défauts d'arcs pendant l'exploitation.

La liste suivante des mesures de protection contre les dangers provenant des arcs doit servir de guide pour la conception et la construction des installations électriques. L'importance de ces éléments doit être définie entre le fournisseur et l'utilisateur.

- a) Protection contre les erreurs d'exploitation. La protection peut être assurée, par exemple, par l'utilisation des moyens suivants:
  - interrupteurs-sectionneurs au lieu de sectionneurs,
  - sectionneurs de terre résistants aux courts-circuits (interrupteurs essayés),
  - dispositifs de verrouillage,
  - serrures à clés non interchangeables.
- b) Passages de service aussi courts, hauts et larges que possible (voir 7.5).
- c) Capots pleins comme enveloppes ou barrières, au lieu de capots perforés ou d'un grillage.
- d) Matériel essayé pour résister aux arcs internes au lieu de matériel de type ouvert (voir CEI 60298, CEI 60517).
- e) Produits de l'arc dirigés loin du personnel d'exploitation et évacués hors du bâtiment, si nécessaire.
- f) Utilisation de dispositifs limiteurs de courant.
- g) Très court temps de déclenchement, obtenu par des relais instantanés ou par des dispositifs sensibles à la pression, la lumière ou la chaleur.
- h) Fonctionnement de l'installation à partir d'une distance de sécurité.

It shall be possible to install and remove insertable insulated partitions without persons being required to enter the danger zone.

NOTE This can be achieved by the type of insulating shutters (for example angled plate, associated insulating rods, suitable operating rods) or by the installation (for example guide rails).

**8.3.5.2** For installations without permanently installed partition walls, suitable insertable partition walls should be provided to isolate adjacent live cubicles or bays in accordance with the operational requirements. When required, the extent shall be agreed upon between the supplier and the user.

Partition walls which enter the danger zone during installation or removal, or which lie within the danger zone when fitted, shall meet the requirement for mobile insulating plates.

Insertable insulated partitions used as protective barriers against live parts shall not touch or be in contact with live parts.

### **8.3.6 Storage of accident prevention equipment**

If accident prevention equipment is to be stored in the installation, a place shall be provided for this purpose where the equipment is protected from humidity, dirt and damage whilst remaining readily accessible.

## **8.4 Protection from danger resulting from arc fault**

Electrical installations shall be designed and installed so that personnel are protected as far as practical from arc faults during operation.

The following list of measures to protect against dangers resulting from arc fault shall serve as a guide in the design and construction of electrical installations. The degree of importance of these measures shall be agreed upon between the supplier and user.

- a) Protection against operating error, established, for example, by means of the following:
  - load break switches instead of disconnectors,
  - short-circuit rated fault-making switches,
  - interlocks,
  - non-interchangeable key locks.
- b) Operating aisles as short, high and wide as possible (see 7.5).
- c) Solid covers as an enclosure or protective barrier instead of perforated covers or wire mesh.
- d) Equipment tested to withstand internal arc fault instead of open-type equipment (e.g. IEC 60298, IEC 60517).
- e) Arc products to be directed away from operating personnel, and vented outside the building, if necessary.
- f) Use of current-limiting devices.
- g) Very short tripping time; achievable by instantaneous relays or by devices sensitive to pressure, light or heat.
- h) Operation of the plant from a safe distance.

## 8.5 Protection contre les coups de foudre directs

Il existe différentes méthodes d'analyse. La méthode à utiliser doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

L'utilisateur doit choisir le niveau de protection à réaliser – en fonction du niveau de fiabilité requis – et la méthode de protection à utiliser.

NOTE 1 Pour les méthodes de calcul, voir par exemple soit l'annexe H du CENELEC HD 637 S1, soit le Guide 998 de l'IEEE.

Les tiges des paratonnerres et les câbles de garde doivent être mis à la terre.

Il n'est pas nécessaire d'équiper une structure en acier avec un conducteur de mise à la terre séparé, dans le cas où la structure fournit elle-même un cheminement approprié pour le courant de foudre.

Les câbles de garde doivent être reliés à la structure en acier ou au conducteur de mise à la terre pour assurer que le courant de foudre est dérivé vers la terre. Pour les bâtiments et les structures similaires, voir la CEI 61024.

NOTE 2 Pour des raisons économiques et techniques, les dommages résultant de coups de foudre ne peuvent être totalement évités.

## 8.6 Protection contre l'incendie

### 8.6.1 Généralités

Les règlements locaux, régionaux et nationaux concernant la protection contre l'incendie doivent être pris en considération lors de la conception de l'installation.

NOTE Les dangers d'incendie et risques d'incendie du matériel électrique se divisent en deux catégories: la victime de l'incendie et la cause de l'incendie. Il convient de prendre en considération les précautions applicables à chaque catégorie dans les prescriptions d'installation.

a) Précautions applicables à la victime de l'incendie:

- i) séparation physique d'avec le foyer de l'incendie;
- ii) prévention de la propagation des flammes;
  - nivellement,
  - rétention des liquides,
  - séparations ignifuges (voir matériaux résistants au feu REI 60/90),
  - système d'extinction.

b) Précautions applicables à la cause de l'incendie:

- i) protection électrique;
- ii) protection thermique;
- iii) protection contre la pression;
- iv) matériaux résistants au feu.

Il est nécessaire de s'assurer qu'en cas d'incendie, les voies d'évacuation et de sauvetage ainsi que les issues de secours peuvent être utilisées (voir 7.1.6).

L'utilisateur ou le propriétaire de l'installation doit spécifier toutes les prescriptions applicables au matériel d'extinction d'incendie.

Des dispositifs automatiques de protection contre les incendies de matériel dus à la surchauffe, aux surcharges et aux défauts (internes et externes) doivent être prévus en fonction de la dimension et de l'importance de l'installation.



## 8.5 Protection against direct lightning strokes

Different methods of analysis are available. The method to be used shall be agreed upon between the supplier and user.

The user shall select the level of protection to be achieved, depending on the reliability level required, and the protection method to be used.

NOTE 1 For calculation methods, see for example either annex H of CENELEC HD 637 S1 or IEEE Guide 998.

Lightning rods and shield wires shall be earthed.

It is not necessary to equip a steel structure with a separate earthing conductor where it provides a suitable path for the lightning current itself.

Shield wires shall be connected to the steel structure or earthing conductor to ensure that the lightning current flows to earth. For buildings and similar structures, see IEC 61024.

NOTE 2 For technical and economic reasons, damage resulting from lightning strokes cannot be fully prevented.

## 8.6 Protection against fire

### 8.6.1 General

Relevant national, provincial and local fire protection regulations shall be taken into account in the design of the installation.

NOTE Fire hazard and fire risk of electrical equipment is separated into two categories: fire victim and fire origin. Precautions for each category should be taken into account in the installation requirements.

- a) Precautions to fire victim:
  - i) space separation from origin of fire;
  - ii) flame propagation prevention:
    - grading,
    - liquid containment,
    - fire barriers (e.g. REI fire-resistant materials 60/90),
    - extinguishing system;
- b) Precautions to fire origin:
  - i) electrical protection;
  - ii) thermal protection;
  - iii) pressure protection;
  - iv) fire resistant materials.

Care shall be taken that, in the event of fire, the escape and rescue paths and the emergency exits can be used (see 7.1.6).

The user or owner of the installation shall specify any requirement for fire extinguishing equipment.

Automatic devices to protect against equipment burning due to severe overheating, overloading and faults (internal/external) shall be provided, depending on the size and significance of the installation.

Les matériels dans lesquels des étincelles, des arcs, des explosions ou des températures élevées peuvent se produire, par exemple des machines électriques, des transformateurs, des résistances, des interrupteurs et des fusibles, ne doivent pas être utilisés dans les zones d'exploitation présentant des risques d'incendie, à moins que la construction de ces matériels soit telle qu'ils ne puissent enflammer des matériaux facilement inflammables.

Si cela ne peut être assuré, des précautions spéciales sont nécessaires, par exemple l'usage de cloisons pare-feu, de séparations résistantes au feu, de chambres, enveloppes et rétentions, selon besoin.

### 8.6.2 Transformateurs, inductances

Dans les paragraphes qui suivent, le terme «transformateur» recouvre à la fois les transformateurs et les inductances.

Pour l'identification des types de diélectrique, voir 6.2.2.2.

La CEI 61100 donne la classification des liquides isolants conformément aux valeurs du point d'inflammation et à la valeur calorique nette (chaleur de combustion). La CEI 60726 classe les transformateurs secs en termes de comportement au feu.

Le danger d'incendie associé aux transformateurs des installations extérieures et intérieures dépend du classement du matériel, du volume et du type de milieux isolants, du type et de la proximité et de l'exposition des structures et matériels voisins. Un ou plusieurs moyens de sauvegarde reconnus doivent être utilisés en fonction de l'évaluation du risque.

NOTE Pour la définition du risque, voir le Guide 51 ISO/CEI.

Des fosses ou réservoirs de récupération communs à plusieurs transformateurs, le cas échéant, doivent être prévus de telle sorte qu'un incendie dans un transformateur ne puisse pas se propager à un autre.

Ce qui précède s'applique aux fosses individuelles raccordées aux réservoirs de récupération d'autres transformateurs; des couches de gravier ou des tuyaux remplis de fluide peuvent, par exemple, être utilisés dans ce but. Les dispositions tendant à réduire le danger d'incendie du fluide répandu sont préférables.

#### 8.6.2.1 Installations extérieures

La disposition d'une installation extérieure doit être telle que l'incendie d'un transformateur contenant un volume de liquide supérieur à 1 000 l n'expose pas les autres transformateurs ou objets au risque d'incendie. Dans ce but, une distance de sécurité G adéquate est nécessaire. Le tableau 3 donne des valeurs indicatives. Lorsque des transformateurs contenant un volume de liquide inférieur à 1 000 l sont installés à proximité de cloisons combustibles, des précautions spéciales contre l'incendie peuvent être nécessaires en fonction de la nature et de l'utilisation du bâtiment.

S'il n'est pas possible d'assurer la distance de sécurité appropriée indiquée au tableau 3, des cloisons de séparation résistantes au feu doivent être prévues avec les dimensions suivantes:

- a) cloisons de séparation EI 60, par exemple, entre les transformateurs (voir les détails donnés à la figure 6) conformément au *Journal officiel des communautés européennes* C62/23:
  - hauteur: sommet du vase d'expansion (s'il existe), sinon le sommet de la cuve du transformateur,
  - longueur: largeur ou longueur de la fosse de récupération (dans le cas d'un transformateur sec, la largeur ou la longueur du transformateur) en fonction de l'orientation du transformateur;

Equipment in which there is a potential for sparks, arcing, explosion or high temperature, for example electrical machines, transformers, resistors, switches and fuses, shall not be used in operating areas subject to fire hazard unless the construction of this equipment is such that flammable materials cannot be ignited by them.

If this cannot be ensured, special precautions, for example fire walls, fire-resistant separations, vaults, enclosures and containment, are necessary.

### **8.6.2 Transformers, reactors**

In the following subclauses, the word 'transformer' represents 'transformers and reactors'.

For the identification of coolant types, see 6.2.2.2.

IEC 61100 classifies insulating liquids according to fire point and net caloric value (heat of combustion). IEC 60726 classifies dry-type transformers in terms of their behaviour when exposed to fire.

The fire hazard associated with transformers of outdoor and indoor installations is dependent on the rating of the equipment, the volume and type of insulating mediums, the type and proximity and exposure of nearby equipment and structures. The use of one or more recognized safeguard measures shall be used in accordance with the evaluation of the risk.

NOTE For definition of risk, see ISO/IEC Guide 51.

Common sumps or catchment tanks, if required, for several transformers shall be arranged so that a fire in one transformer cannot spread to another.

The same applies to individual sumps which are connected to the catchment tanks of other transformers; gravel layers or pipes filled with fluid can, for example, be used for this purpose. Arrangements which tend to minimize the fire hazard of the escaped fluid are preferred.

#### **8.6.2.1 Outdoor installations**

The layout of an outdoor installation shall be such that burning of a transformer with a liquid volume of more than 1 000 l will not cause a fire hazard to other transformers or objects. For this purpose adequate clearances, *G*, shall be necessary. Guide values are given in table 3. Where transformers with a liquid volume below 1 000 l are installed near combustible walls, special fire precautions may be necessary depending on the nature and the use of the building.

If it is not possible to allow for adequate clearance as indicated in table 3, fire-resistant separating walls with the following dimensions shall be provided:

- a) between transformers (see figure 6) separating walls. For example EI 60 in accordance with the *Official Journal of the European Community*, No. C 62/23:
- height: top of the expansion chamber (if any), otherwise the top of the transformer tank;
  - length: width or length of the sump (in the case of a dry-type transformer, the width or length of the transformer, depending upon the direction of the transformer);

- b) cloisons de séparation EI 60, par exemple, entre les transformateurs et les bâtiments (voir les détails donnés à la figure 7); si une cloison de séparation coupe-feu supplémentaire n'est pas prévue, il convient que le classement du mur du bâtiment soit augmenté, REI 90 par exemple, conformément au *Journal officiel des communautés européennes* C62/23.

### 8.6.2.2 Installations intérieures dans les systèmes d'énergie électrique

Les prescriptions minimales applicables à l'installation de transformateurs en intérieur sont données au tableau 4.

**Tableau 3 – Valeurs indicatives pour les distances de sécurité des transformateurs à l'extérieur**

Type de transformateur	Volume de liquide  l	Distance de sécurité G par rapport	
		aux autres transformateurs ou à la surface non combustible du bâtiment  m	à la surface combustible du bâtiment  m
Transformateurs à huile (O)	1 000 <...< 2 000	3	7,6
	2 000 ≤...< 20 000	5	10
	20 000 ≤...< 45 000	10	20
	≥ 45 000	15,2	30,5
Transformateurs à liquides moins inflammables (K) <sub>sans</sub> protection améliorée	1 000 <...< 3 800	1,5	7,6
	≥ 3 800	4,6	15,2
Transformateurs à liquides moins inflammables (K) avec protection améliorée	Distance de sécurité G par rapport à la surface du bâtiment ou des transformateurs voisins		
	Horizontale m	Verticale m	
	0,9	1,5	
Transformateurs secs (A)	Classe de comportement au feu	Distance de sécurité G par rapport à la surface du bâtiment ou des transformateurs voisins	
		Horizontale m	Verticale m
	F0	1,5	3,0
	F1/F2	Néant	Néant
<p>NOTE Les moyens de protection améliorée signifient</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la résistance à la rupture des réservoirs;</li> <li>– la décompression des réservoirs;</li> <li>– la protection contre les défauts à faible intensité;</li> <li>– la protection contre les défauts à intensité élevée.</li> </ul> <p>Pour la protection améliorée, voir, par exemple, la norme globale 3990 Factory Mutual (Mutuelle industrielle) ou document équivalent.</p>			

- b) between transformers and buildings (see figure 7) separating walls. For example EI 60; if additional fire separating wall is not provided, fire rating of the building wall should be increased, for example REI 90 in accordance with the *Official Journal of the European Community* C 62/23.

### 8.6.2.2 Indoor installations in electrical power systems

Minimum requirements for the installation of indoor transformers are given in table 4.

**Table 3 – Guide values for outdoor transformer clearances**

Transformer type	Liquid volume l	Clearance G to	
		other transformers or non-combustible building surface m	combustible building surface m
Oil insulated transformers (O)	1 000 <...< 2 000	3	7,6
	2 000 ≤...< 20 000	5	10
	20 000 ≤...< 45 000	10	20
	≥ 45 000	15,2	30,5
Less flammable liquid insulated transformers (K) without enhanced protection	1 000 <...< 3 800	1,5	7,6
	≥ 3 800	4,6	15,2
Less flammable liquid insulated transformers (K) with enhanced protection	Clearance G to building surface or adjacent transformers		
	Horizontal m	Vertical m	
	0,9	1,5	
Dry-type transformers (A)	Fire behaviour class	Clearance G to building surface or adjacent transformers	
		Horizontal m	Vertical m
	F0	1,5	3,0
	F1 / F2	None	None

NOTE Enhanced protection means

- tank rupture strength;
- tank pressure relief;
- low current fault protection;
- high current fault protection.

For an example of enhanced protection, see Factory Mutual Global standard 3990, or equivalent.

Si un matériel d'extinction automatique est installé, la distance de sécurité G peut être réduite.

**Tableau 4 – Prescriptions minimales applicables à l'installation de transformateurs à l'intérieur**

Type de transformateur	Volume de liquide l	Mesures de sauvegarde
Transformateurs à huile (O)	≤ 1 000	EI 60 ou REI 60
	> 1 000	EI 90 ou REI 90 <b>ou</b> EI 60 ou REI 60 et protection par sprinklers automatiques
Transformateurs à liquides moins inflammables (K) sans protection améliorée		EI 60 ou REI 60 <b>ou</b> protection par sprinklers automatiques
Transformateurs à liquides moins inflammables (K) avec protection améliorée	$\leq 10$ MVA et $U_m \leq 38$ kV	EI 60 ou REI 60 <b>ou</b> distances de séparation de 1,5 m horizontalement et 3,0 m verticalement
Transformateurs secs (A)	Classe de comportement au feu	
	F0	EI 60 ou REI 60 <b>ou</b> distances de séparation de 0,9 m horizontalement et 1,5 m verticalement
	F1/F2	Cloisons non combustibles
<p>NOTE 1 REI représente le système porteur (mur), et EI le système non porteur (mur) où R est la portance, E est l'étanchéité au feu, I est l'isolation thermique et 60/90 le temps en minutes.</p> <p>NOTE 2 Les moyens de protection améliorée signifient</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la résistance à la rupture des réservoirs;</li> <li>– la décompression des réservoirs;</li> <li>– la protection contre les défauts à faible intensité;</li> <li>– la protection contre les défauts à intensité élevée.</li> </ul> <p>Pour la protection améliorée, voir, par exemple, la norme globale 3990 Factory Mutual (mutuelle industrielle) ou un document équivalent.</p>		

Les portes doivent être coupe-feu pendant au moins 60 min. Les portes qui s'ouvrent vers l'extérieur sont appropriées si leur conception et les matériaux utilisés peuvent retarder la flamme. Les ouvertures de ventilation nécessaires au fonctionnement des transformateurs sont admises. Lors de la conception des ouvertures, la possibilité pour les gaz chauds de s'échapper doit être prévue.

### 8.6.2.3 Installations à l'intérieur des bâtiments industriels

Pour tous les transformateurs implantés à l'intérieur de bâtiments industriels, des dispositifs de protection à action rapide assurant une coupure automatique en cas de défaut sont nécessaires.

Les transformateurs à fluide de refroidissement de type O exigent les mêmes prescriptions que celles indiquées en 8.6.2.2.

Pour tous les autres transformateurs immergés dans un liquide, aucune disposition spéciale n'est prescrite au titre de la protection contre l'incendie, sauf pour les précautions concernant la rétention du liquide en cas de fuite et la prévision de dispositifs mobiles de lutte contre l'incendie appropriés aux matériels électriques.

Les transformateurs de type sec (A) exigent le choix d'une classe correcte de résistance au feu suivant les activités de l'industrie et les matériaux présents dans le voisinage. Des dispositifs d'extinction de l'incendie sont conseillés, en particulier pour la classe F0.

NOTE Pour tous les transformateurs dans des bâtiments industriels, des précautions supplémentaires contre l'incendie peuvent être nécessaires, suivant la nature et l'utilisation du bâtiment.

If automatically activated fire extinguishing equipment is installed, the clearance *G* can be reduced.

**Table 4 – Minimum requirements for the installation of indoor transformers**

Transformer type	Liquid volume <i>I</i>	Safeguards
Oil insulated transformers (O)	≤ 1 000	EI 60 respectively REI 60
	> 1 000	EI 90 respectively REI 90 <b>or</b> EI 60 respectively REI 60 and automatic sprinkler protection
Less flammable liquid insulated transformers (K) without enhanced protection		EI 60 respectively REI 60 <b>or</b> automatic sprinkler protection
Less flammable liquid insulated transformers (K) with enhanced protection	≤ 10 MVA and $U_m \leq 38 \text{ kV}$	EI 60 respectively REI 60 <b>or</b> separation distances 1,5 m horizontally and 3,0 m vertically
Dry-type transformer (A)	Fire behaviour class	
	F0	EI 60 respectively REI 60 <b>or</b> separation distances 0,9 m horizontally and 1,5 m vertically
	F1 / F2	Non combustible walls
<p>NOTE 1 REI represents bearing system (wall) whereas EI represents non-load bearing system (wall) where R is the load bearing capacity, E is the fire integrity, I is the thermal insulation and 60/90 refers to time in minutes.</p> <p>NOTE 2 Enhanced protection means</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tank rupture strength;</li> <li>– tank pressure relief;</li> <li>– low current fault protection;</li> <li>– high current fault protection.</li> </ul> <p>For an example of enhanced protection, see Factory Mutual Global standard 3990 or equivalent.</p>		

Doors shall have a fire resistance of at least 60 min. Doors which open to the outside are adequate if they are of fire-retardant material and construction. Ventilation openings necessary for the operation of the transformers are permitted. When designing the openings, the possible escape of hot gases shall be considered.

### 8.6.2.3 Indoor installations in industrial buildings

For all transformers in industrial buildings, fast-acting protective devices which provide immediate automatic interruption in the event of failure are necessary.

Transformers with coolant type O require the same provisions as in 8.6.2.2.

For all other liquid-immersed transformers no special arrangements in respect of fire protection are required, except for the provisions for liquid retention in case of leakage and the provision of portable fire extinguishing apparatus suitable for electrical equipment.

Dry-type transformers (A) require the selection of the correct fire behaviour class depending on the activity of the industry and on the material present in the surroundings. Fire extinguishing provisions are advisable, particularly for class F0.

NOTE For all transformers in industrial buildings, additional fire precautions may be necessary, depending on the nature and use of the building.

#### **8.6.2.4 Installations intérieures dans les bâtiments occupés en permanence par des personnes**

Dans les installations à haute tension situées dans des bâtiments publics ou résidentiels, des conditions spéciales doivent être respectées, en accord avec les normes existantes ou les règlements nationaux.

#### **8.6.2.5 Incendie à proximité des transformateurs**

Lorsqu'il existe un risque exceptionnel de dommage du transformateur par l'incendie, l'une des dispositions suivantes doit être prise:

- cloisons de séparation coupe-feu;
- enveloppes étanches au gaz pouvant résister à la pression interne générée;
- sortie contrôlée du liquide chaud;
- systèmes d'extinction de l'incendie.

#### **8.6.3 Câbles**

Le risque de propagation du feu et ses conséquences doit être aussi réduit que possible en choisissant des câbles appropriés et leur mode d'installation.

Les câbles peuvent être regroupés selon les catégories suivantes:

- câbles sans tenue particulière vis-à-vis du feu;
- câbles (individuels) non propagateurs de la flamme;
- câbles (en faisceau) non propagateurs de la flamme;
- câbles à faible émission de fumées;
- câbles à faible émission de gaz acides et corrosifs (CEI 60754-1);
- câbles résistants au feu (CEI 60331-21 ou CEI 60331-31).

La pose de câbles dans des tranchées et des bâtiments doit respecter les règlements concernant la sécurité en cas d'incendie dans lesdits bâtiments. Par exemple, afin d'éviter la propagation du feu, les orifices par lesquels les câbles passent d'un local à l'autre doivent être obturés au moyen d'un matériau approprié.

Une séparation physique ou un cheminement différent entre les circuits de puissance et les circuits de commande des matériels à haute tension est recommandée s'il est nécessaire de préserver l'intégrité de ces derniers aussi longtemps que possible après que les circuits de puissance ont été endommagés.

Si nécessaire, un système d'alarme et des systèmes d'extinction de l'incendie doivent être installés dans les galeries et les chemins de câbles dans le sous-sol des bâtiments de commande.

#### **8.6.4 Autres équipements contenant un liquide inflammable**

Pour tout matériel (sauf les transformateurs de mesures) tel que les appareillages contenant plus de 100 l de liquide inflammable dans chaque compartiment séparé, des précautions spéciales contre le feu, comme spécifié pour les transformateurs, peuvent être nécessaires, suivant la nature et l'utilisation de l'installation et suivant son emplacement.



#### **8.6.2.4 Indoor installations in buildings which are permanently occupied by persons**

In high voltage installations, located in public or residential buildings, special conditions shall be observed in accordance with existing standards or national regulations.

#### **8.6.2.5 Fire in the vicinity of transformers**

If there is an exceptional risk of the transformer being exposed to external fire, consideration shall be given to

- fire-resistant separating walls;
- gas-tight vessels capable of withstanding the internal pressure generated;
- controlled release of the hot liquid;
- fire extinguishing systems.

#### **8.6.3 Cables**

The danger of the spread of fire and its consequences shall be reduced, as far as possible, by selecting suitable cables and by the method of installation.

The cables may be assessed by reference to the following categories:

- cables without particular fire performance characteristics;
- cables (single) with resistance to flame propagation;
- cables (bunched) with resistance to flame propagation;
- cables with low emission of smoke;
- cables with low emission of acidic and corrosive gases (IEC 60754-1);
- cables with fire-resisting characteristics (IEC 60331-21 or IEC 60331-31).

Cables in trenches and buildings shall be laid in such a way that the regulations regarding fire safety of the building are not adversely affected. For example, to avoid fire propagation, holes through which the cables go from one room to another shall be sealed with suitable material.

A physical separation or different routing of power circuits from the control circuits for high voltage equipment is recommended if it is necessary to preserve the integrity of the latter as long as possible following damage to the power circuits.

Where necessary, fire alarm and fire extinguishing systems shall be installed in cable tunnels and in cable racks in the basement of control buildings.

#### **8.6.4 Other equipment with flammable liquid**

For all equipment (except instrument transformers), such as switchgear which contains more than 100 l of flammable liquid in each separate compartment, special fire precautions as specified for transformers may be necessary, depending on the nature and use of the installation and its location.

## **8.7 Protection contre les fuites de liquide isolant et de SF<sub>6</sub>**

### **8.7.1 Fuites de liquide isolant et protection de la nappe phréatique**

#### **8.7.1.1 Généralités**

Des mesures doivent être prises pour contenir les éventuelles fuites issues des matériels immergés dans un liquide afin d'éviter tout dommage à l'environnement. Les règlements nationaux et/ou locaux peuvent spécifier la quantité minimale de liquide contenue dans un matériel pour lequel une rétention est requise. A titre indicatif, en l'absence de règlements nationaux et/ou locaux, il convient qu'une rétention soit prévue autour des matériels si la quantité de liquide contenue est supérieure à 1 000 l ou 2 500 l (voir l'IEEE 980).

NOTE Dans tous les cas, il convient de prendre en compte les règlements locaux et les autorisations obtenues, si nécessaire.

#### **8.7.1.2 Système de rétention pour matériel installé à l'intérieur**

Dans les installations intérieures, les déversements de liquide isolant peuvent être retenus par la mise en place de sols imperméables avec seuils autour de la zone où le matériel est implanté, ou en récupérant le liquide déversé dans une zone de rétention désignée dans le bâtiment (voir figure 11).

Le volume de liquide isolant dans le matériel ainsi que les éventuelles évacuations d'eau d'un système de protection contre l'incendie doivent être pris en considération pour décider de la hauteur du seuil ou du volume de la zone de rétention.

#### **8.7.1.3 Système de rétention pour matériel installé à l'extérieur**

La quantité de liquide isolant dans le matériel, le volume d'eau issu des précipitations et des systèmes de protection contre l'incendie, la proximité des cours d'eau et les conditions du sol doivent être pris en considération lors du choix d'un système de rétention.

NOTE 1 Les rétentions (fosses) autour d'un matériel immergé dans le liquide et/ou les cuves de rétention (réservoirs de récupération) sont largement utilisées pour éviter le déversement dans l'environnement du liquide isolant du matériel.

Les fosses et les réservoirs de récupération, lorsqu'ils sont fournis, peuvent être conçus et disposés comme suit:

- réservoirs;
- fosse avec réservoir de récupération intégré pour la totalité des liquides (figure 8);
- fosse avec réservoir de récupération séparé. Lorsqu'il y a plusieurs fosses, les conduites de vidange peuvent être reliées à un réservoir de récupération commun capable de contenir le liquide du transformateur le plus important (figure 9);
- fosse avec réservoir de récupération intégré commun à plusieurs transformateurs. Il doit être capable de contenir le liquide du transformateur le plus important (figure 10).

Les murs et les tuyaux des fosses et des réservoirs de récupération associés doivent être imperméables au liquide.

La capacité des fosses et des réservoirs de récupération pour les liquides isolants et les fluides de refroidissement ne doit pas être réduite de façon inacceptable par de l'eau circulant à l'intérieur. Il doit être possible d'évacuer ou de pomper l'eau.

L'utilisation d'un dispositif simple pour indiquer le niveau du liquide est recommandée.

Il doit être tenu compte du risque de gel.

## **8.7 Protection against leakage of insulating liquid and SF<sub>6</sub>**

### **8.7.1 Insulating liquid leakage and subsoil water protection**

#### **8.7.1.1 General**

Measures shall be taken to contain any leakage from liquid immersed equipment to prevent environmental damage. National and/or local regulations may specify the minimum quantity of liquid contained in an equipment for which containment is required. As a guideline, where no national and/or local regulations exist, containment should be provided around liquid immersed equipment containing more than 1 000 l or 2 500 l (refer to IEEE 980).

NOTE In all cases, local regulations should be taken into account and approvals obtained when required.

#### **8.7.1.2 Containment for indoor equipment**

In indoor installations, spills of insulating liquid may be contained by providing impermeable floors with thresholds around the area where the equipment is located or by collecting the spilled liquid in a designated holding area in the building (see figure 11).

The volume of the insulating liquid in the equipment as well as any volume of water discharges from a fire protection system shall be considered when selecting height of threshold or volume of the holding area.

#### **8.7.1.3 Containment for outdoor equipment**

The quantity of insulating liquid in equipment, the volume of water from rain and fire protection systems, the proximity to water courses and soil conditions shall be considered in the selection of a containment system.

NOTE 1 Containments (sumps) around liquid immersed equipment and/or holding tanks (catchment tanks) are extensively used to prevent escape into the environment of insulating liquid from equipment.

Containments and holding-tanks, where provided, may be designed and arranged as follows:

- tanks;
- sump with integrated catchment tank for the entire quantity of fluid (figure 8);
- sump with separate catchment tank. Where there are several sumps, the drain pipes may lead to a common catchment tank; this common catchment tank should then be capable of holding the fluids of the largest transformer (figure 9);
- sump with integrated common catchment tank for several transformers, capable of holding the fluids of the largest transformer (figure 10).

The walls and the associated pipings of sumps and catchment tanks shall be impermeable to liquid.

The capacity of the sumps/catchment tanks for insulating and cooling fluids shall not be unduly reduced by water flowing in. It shall be possible to drain or to draw off the water.

A simple device indicating the level of liquid is recommended.

Attention shall be paid to the danger of frost.

Les mesures supplémentaires suivantes doivent être prises pour la protection du réseau de distribution d'eau et de la nappe phréatique:

- le débordement de liquide isolant et de fluide de refroidissement venant de l'ensemble fosse/réservoir/sol doit être empêché (exception, voir 8.7.1.1);
- il convient que l'eau évacuée passe à travers des dispositifs de séparation des fluides: dans ce but, la densité des différents fluides doit être prise en compte.

NOTE 2 Pour les installations extérieures, le rapport CIGRÉ 23-07 recommande que la longueur et la largeur de la fosse soient égales à la longueur et à la largeur des transformateurs, augmentées de chaque côté de 20 % de la hauteur du transformateur; le guide IEEE 980 recommande par ailleurs que la rétention des déversements s'étende au minimum à 1 500 mm au-delà de toute partie du matériel remplie de liquide.

NOTE 3 Des exemples pour l'évacuation automatique de l'eau et la séparation des liquides sont donnés dans le rapport CIGRÉ 23-07 et l'IEEE 980.

Les lois et règlements nationaux et régionaux doivent être pris en compte.

### 8.7.2 Fuite de SF<sub>6</sub>

Les recommandations pour l'utilisation et la manipulation du gaz SF<sub>6</sub> sont données dans la CEI 61634.

Dans les locaux contenant des installations isolées au SF<sub>6</sub> et situées au-dessus du sol, une ventilation naturelle est suffisante. Dans ce cas, environ la moitié de la section des ouvertures de ventilation nécessaires doit se trouver à proximité du sol. Ces mesures dépendent des dimensions du local et de la quantité de gaz. En cas de mauvais fonctionnement, une ventilation mécanique peut être nécessaire.

NOTE 1 Une ventilation permanente peut être évitée dans les locaux où se trouvent des installations qui ne sont pas accessibles. Pour les petites installations (quantité totale de SF<sub>6</sub> ≤ 1 000 l à la pression atmosphérique), une ventilation d'un seul côté du local est suffisante.

Dans les locaux où se trouvent des installations isolées au SF<sub>6</sub> et situées entièrement au-dessous du sol, une ventilation mécanique doit être prévue si le gaz, en quantité dangereuse pour la santé et la sécurité du personnel (voir la note 2 ci-dessous), peut être recueilli, en fonction de la quantité de gaz et des dimensions du local.

Les locaux, conduits, fosses, puits, etc. situés sous les locaux contenant des installations SF<sub>6</sub> et qui communiquent avec ces derniers doivent pouvoir être ventilés.

La ventilation mécanique peut être omise lorsque le volume de gaz à la pression atmosphérique contenu dans le plus grand compartiment ne dépasse pas 10 % du volume total du local. Dans ce cas, le volume total (calculé pour la température et la pression normales) de gaz SF<sub>6</sub> dans les réservoirs reliés aux installations SF<sub>6</sub> doit être pris en compte pour le calcul.

Aucune partie de matériel en contact avec l'air ne doit dépasser une température de 200 °C.

NOTE 2 Pour la concentration maximale de SF<sub>6</sub>, il est recommandé de prendre en compte les règlements nationaux.

### 8.7.3 Défaillance avec perte de SF<sub>6</sub> et de ses produits de décomposition

Les recommandations pour l'utilisation et la manipulation du gaz SF<sub>6</sub> sont données dans la CEI 61634.

NOTE Des recommandations ont été rédigées par la CIGRÉ 23-04.

The following additional measures shall be taken for protection of waterways and of ground water:

- the egress of insulating and cooling fluid from the sump/tank/floor arrangement shall be prevented (for exceptions, see 8.7.1.1);
- drained water should pass through devices for separating the fluids; for this purpose, their specific weights shall be taken into account.

NOTE 2 For outdoor installations, CIGRÉ Report 23-07 recommends that the length and width of the sump is equal to the length and the width of the transformers plus 20 % of the transformer's height on each side. IEEE Guide 980 recommends that spill containment extends a minimum 1 500 mm beyond any liquid-filled part of the equipment.

NOTE 3 Examples for the automatic draining of water and separating of liquids is given in CIGRÉ Report 23-07 and IEEE 980.

State and regional laws and regulations shall be taken into account.

### 8.7.2 SF<sub>6</sub>-leakage

Recommendations for use and handling of SF<sub>6</sub> gas are given in IEC 61634.

In rooms with SF<sub>6</sub> installations, which are above ground, natural cross-venting is sufficient. In this case, approximately half of the cross-section of the ventilation openings required shall be close to the ground. This measure depends on the size of the room and the gas quantity. In cases of malfunction, mechanical ventilation may be required.

NOTE 1 Permanent ventilation may be omitted for chambers in installations which are not accessible. For small installations (total quantity of SF<sub>6</sub> ≤ 1 000 l under atmospheric pressure), ventilation on one side of the room is sufficient.

In rooms with SF<sub>6</sub> installations, which are below ground on all sides, mechanical ventilation shall be provided if gas quantities which pose an intolerable risk to the health and safety of personnel (see note 2 below) are capable of collecting due to the gas quantity and the size of the room.

Chambers, ducts, pits, shafts, etc., situated below SF<sub>6</sub> installation rooms and connected to them, shall be able to be ventilated.

Mechanical ventilation may be omitted provided the gas volume of the largest gas compartment at atmospheric pressure does not exceed 10 % of the volume of the room. In this case the total volume (calculated at the normal temperature and pressure) of SF<sub>6</sub> gas in the cylinders connected to the SF<sub>6</sub> installations shall be taken into account for the purposes of calculation.

No part of equipment in contact with air may exceed a temperature of 200 °C.

NOTE 2 For maximum SF<sub>6</sub> concentration, national regulations should be considered.

### 8.7.3 Failure with loss of SF<sub>6</sub> and its decomposition products

Recommendations for use and handling of SF<sub>6</sub> gas are given in IEC 61634.

NOTE Guidance has been issued by CIGRÉ 23-04.

## **8.8 Identification et marquage**

### **8.8.1 Généralités**

Des moyens d'identification clairs et ne prêtant pas à confusion sont imposés pour éviter des interventions incorrectes, une erreur humaine, des accidents, etc. pendant les opérations d'entretien et d'exploitation (voir également 7.1.7).

Les pancartes, panneaux et notices doivent être constitués d'un matériau durable, insensible à la corrosion et imprimés avec des caractères indélébiles.

L'état de fonctionnement de l'appareillage doit être clairement indiqué, sauf si les contacts principaux peuvent être clairement vus par l'opérateur.

Les extrémités de câbles et les accessoires doivent être identifiés. Un marquage approprié doit être fourni, rendant possible l'identification sur une liste ou un diagramme de câblage.

### **8.8.2 Plaques d'identification et plaques de mise en garde**

Dans les zones d'exploitation électriques fermées et dans les bâtiments industriels, tout local contenant du matériel électrique doit être muni, à l'extérieur et sur chaque porte d'accès, des informations nécessaires identifiant le local et indiquant les risques possibles.

Les couleurs et les contrastes de couleurs doivent respecter les prescriptions des normes de la CEI ou des règlements nationaux.

### **8.8.3 Avertissements concernant les dangers dus à l'électricité**

Toutes les portes d'accès aux locaux de service électrique fermés et tous les côtés des clôtures extérieures doivent être munis d'un panneau d'avertissement.

Les panneaux doivent respecter les prescriptions des normes de la CEI ou des règlements nationaux.

### **8.8.4 Installations avec des condensateurs incorporés**

Les condensateurs doivent être munis d'une plaque d'avertissement indiquant le temps de décharge.

### **8.8.5 Panneaux de sécurité pour sortie de secours**

Les sorties de secours doivent être indiquées par un fléchage de sécurité approprié. Les panneaux doivent respecter les prescriptions des normes de la CEI ou des règlements nationaux.

## **8.8 Identification and marking**

### **8.8.1 General**

Clear identification and unambiguous marking are required to avoid incorrect operation, human error, accidents, etc. while operation and maintenance are carried out (see also 7.1.7).

Signs, boards and notices shall be made of durable and non-corrosive material and printed with indelible characters.

The operational state of switchgear and controlgear shall be clearly shown by indicators except when the main contacts can clearly be viewed by the operator.

Cable terminations and components shall be identified. Relevant details making identification possible in accordance with a wiring list or diagram shall be provided.

### **8.8.2 Information plates and warning plates**

In closed electrical operating areas and in industrial buildings, all electrical equipment rooms shall be provided, on the outside of the room and on each access door, with necessary information identifying the room and pointing out any hazards.

The colours and contrasting colours shall comply with IEC standards or national regulations.

### **8.8.3 Electrical hazard warning**

All access doors to closed electrical operating areas and all sides of outer perimeter fences shall be provided with a warning sign.

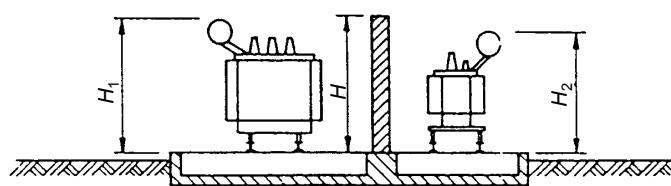
The signs shall comply with IEC standards or national regulations.

### **8.8.4 Installations with incorporated capacitors**

The capacitors shall be provided with a warning label indicating the discharge time.

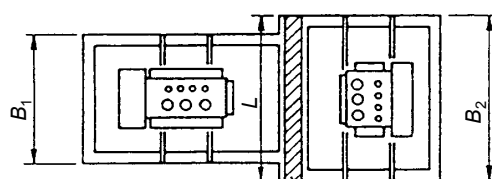
### **8.8.5 Emergency signs for emergency exits**

Emergency exits shall be indicated by the appropriate safety warning sign. The signs shall comply with IEC standards or national regulations.



$$H \geq H_1 \text{ (with } H_1 > H_2 \text{)}$$

$$L \geq B_2 \text{ (with } B_2 > B_1 \text{)}$$

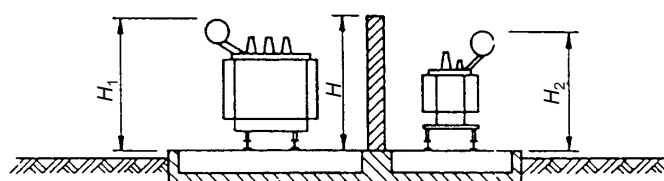


Résistance minimale 60 min pour la cloison de séparation (EI 60)

IEC 2267/02

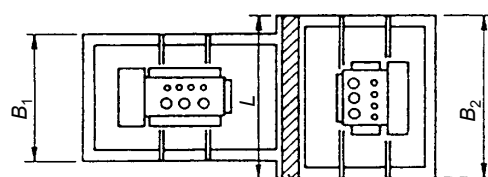
**Figure 6 – Cloisons de séparation entre les transformateurs**





$$H \geq H_1 \text{ (with } H_1 > H_2 \text{)}$$

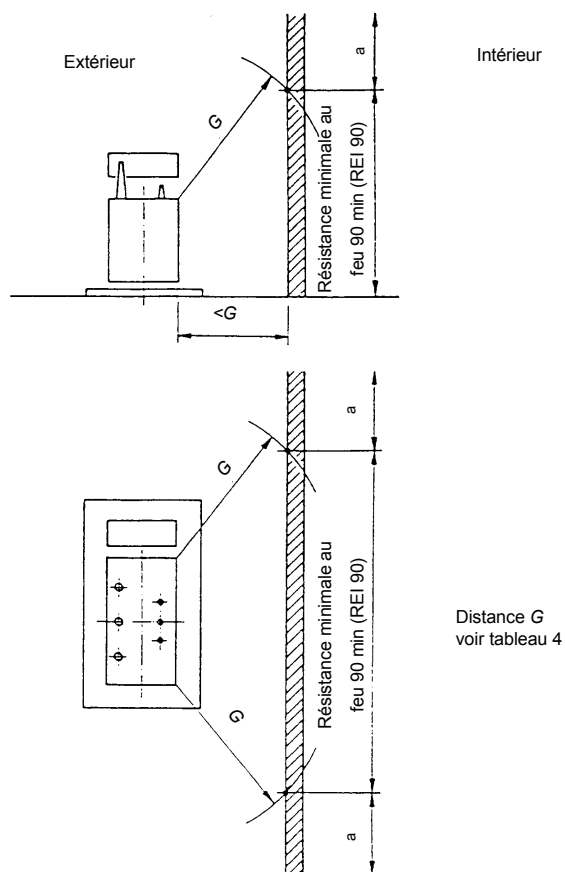
$$L \geq B_2 \text{ (with } B_2 > B_1 \text{)}$$



Minimum fire resistance 60 min for the separating wall (EI 60)

IEC 2267/02

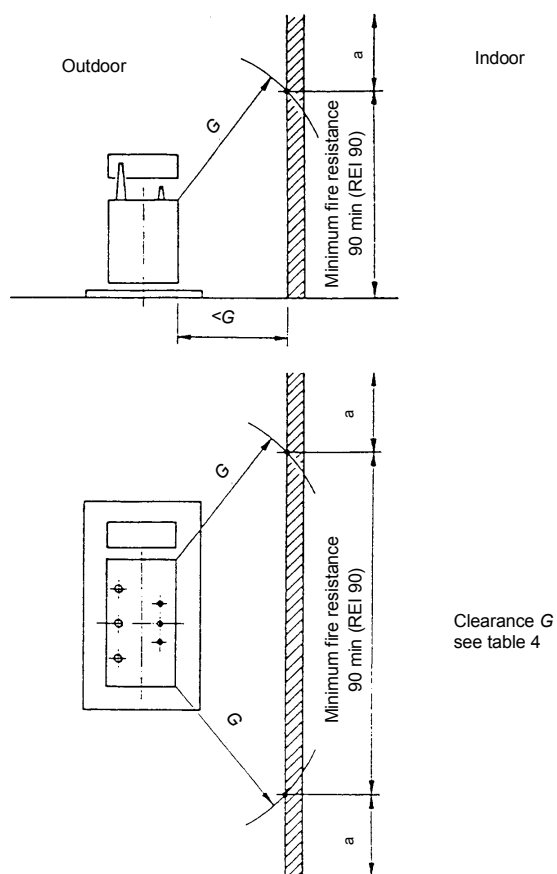
**Figure 6 – Separating walls between transformers**



IEC 2268/02

<sup>a</sup> La cloison dans cette zone doit être conçue de manière à éviter la propagation de l'incendie.

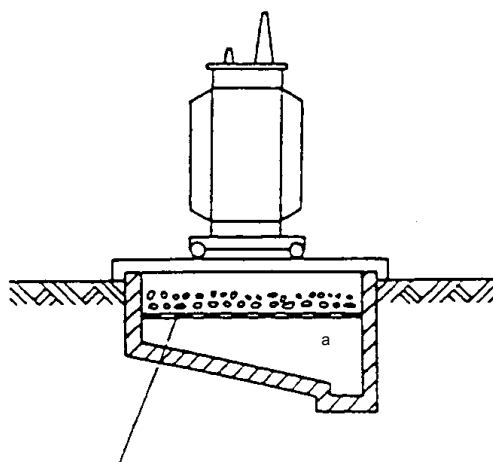
**Figure 7 – Protection contre l'incendie entre le transformateur et le bâtiment**



IEC 2268/02

<sup>a</sup> The wall in this area shall be designed to avoid a spread of fire.

**Figure 7 – Fire protection between transformer and building**



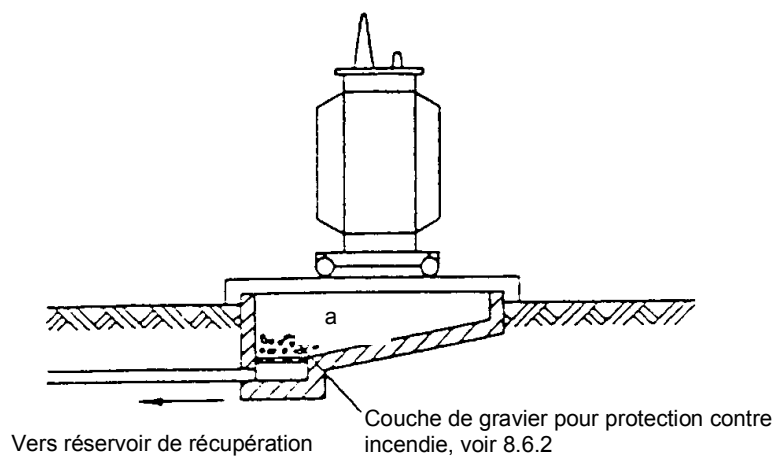
Couche de gravier pour protection contre incendie, voir 8.6.2

IEC 2269/02

NOTE En plus, il convient de prendre en compte l'eau de l'installation d'extinction de l'incendie (si elle existe).

<sup>a</sup> Rétention: totalité du liquide du transformateur, plus l'eau de pluie.

**Figure 8 – Fosse avec réservoir de récupération intégré**



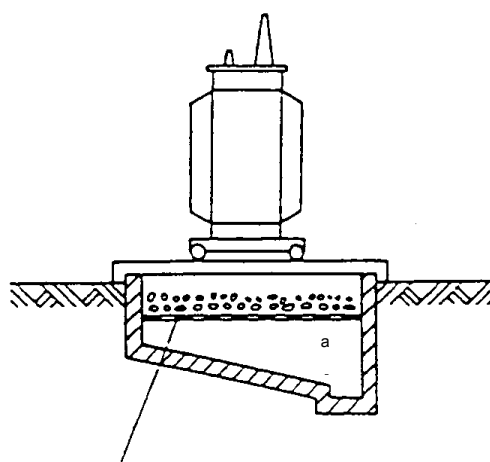
Vers réservoir de récupération

Couche de gravier pour protection contre incendie, voir 8.6.2

IEC 2270/02

<sup>a</sup> Rétention: minimum 20 % du liquide du transformateur.

**Figure 9 – Fosse avec réservoir de récupération séparé**



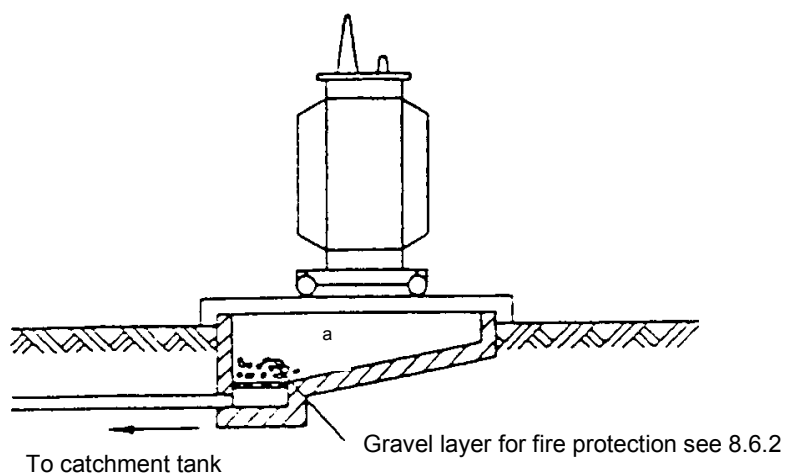
Gravel layer for fire protection see 8.6.2

IEC 2269/02

NOTE In addition, the water from the fire extinguishing installation (if any) should be considered.

<sup>a</sup> Containment: the entire quantity of fluid of the transformer plus rain water.

**Figure 8 – Sump with integrated catchment tank**



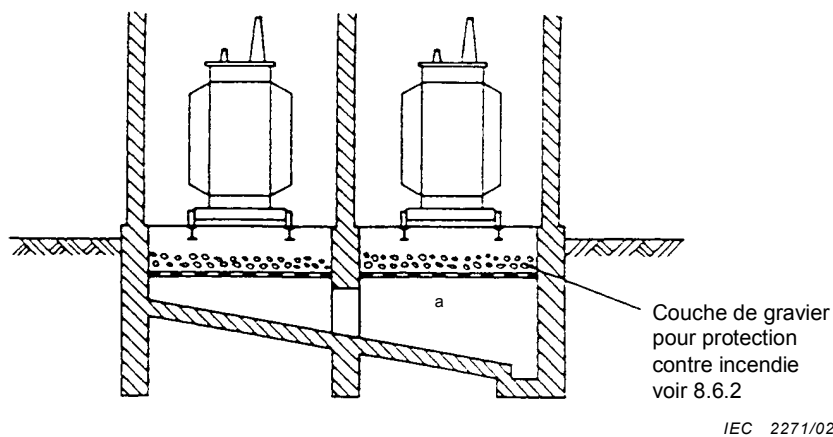
To catchment tank

Gravel layer for fire protection see 8.6.2

IEC 2270/02

<sup>a</sup> Containment: minimum 20 % of the fluid from the transformer.

**Figure 9 – Sump with separate catchment tank**

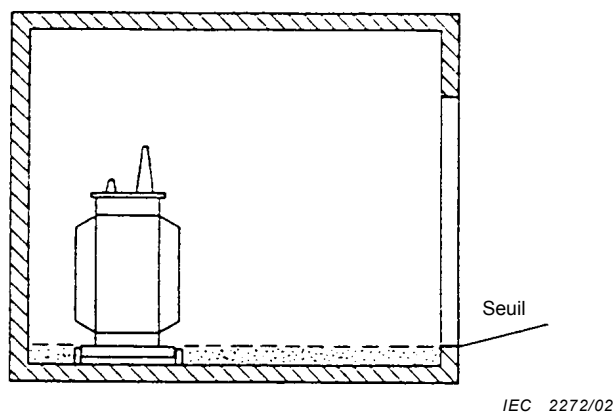


NOTE Il est recommandé de prendre en compte l'eau de l'installation d'extinction de l'incendie (si elle existe).

<sup>a</sup> Rétention en extérieur: totalité du liquide du transformateur le plus important plus l'eau de pluie.

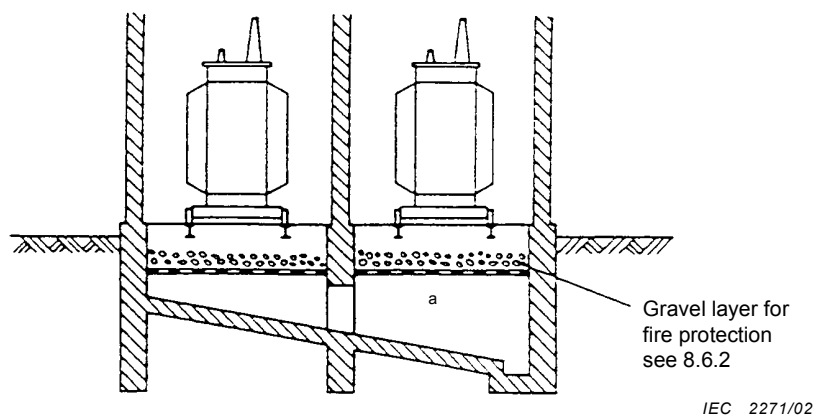
Rétention en intérieur: totalité du liquide du transformateur le plus important.

**Figure 10 – Fosse avec réservoir de récupération commun intégré**



NOTE La zone en pointillé indique le volume complet du liquide isolant du transformateur, répandu sur le sol.

**Figure 11 – Exemple de petits transformateurs sans couche de graviers ni réservoir de récupération**

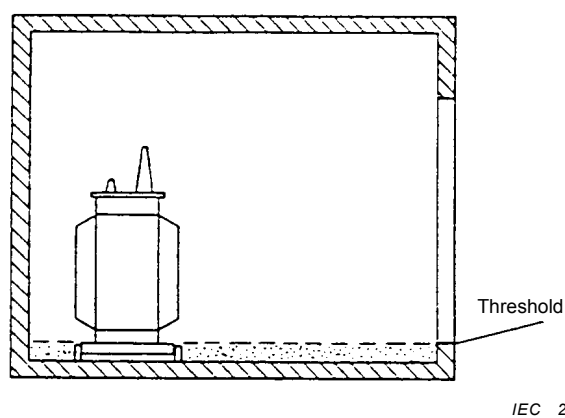


NOTE In addition, the water from the fire extinguishing installation (if any) should be considered.

<sup>a</sup> Containment outdoor: the entire quantity of fluid of the largest transformer plus rain.

Containment indoor: the entire quantity of fluid of the largest transformer.

**Figure 10 – Sump with integrated common catchment tank**



NOTE The dotted area denotes the volume of the entire quantity of insulating fluid of the transformer spilled on the floor.

**Figure 11 – Example for small transformers without gravel layer and catchment tank**

## **9 Systèmes de protection, de commande et auxiliaires**

### **9.1 Systèmes de surveillance et de commande**

**9.1.1** Des dispositifs de surveillance, de protection, de régulation et de commande doivent être prévus, selon nécessité, en nombre suffisant pour assurer le bon fonctionnement en toute sécurité du matériel.

**9.1.2** Des dispositifs automatiques, conçus de manière à assurer sélectivité et rapidité de fonctionnement, doivent assurer une protection contre les effets des surcharges inacceptables et des défauts internes et externes, adaptée à la taille et à l'importance de l'installation.

**9.1.3** Le matériel doit être conforme à la classe de sévérité (voir CEI 60255) correspondant à la partie de l'installation dans laquelle il est implanté.

**9.1.4** Des moyens doivent être prévus pour isoler le circuit de commande des appareillages de commutation primaires ou de chacune des baies d'appareillage pour permettre la maintenance des matériels haute tension en toute sécurité.

**9.1.5** Des dispositions doivent être prises pour permettre la réparation, la maintenance et/ou l'essai des dispositifs de protection et de commande sans danger pour le personnel ou le matériel.

**9.1.6** Les circuits de commande et les circuits de signalisation doivent de préférence être séparés fonctionnellement. Les signaux de déclenchement doivent s'afficher sur le panneau de protection si celui-ci existe.

**9.1.7** Les équipements de signalisation d'alarmes et de défauts doivent clairement signaler les dangers et défauts; plusieurs signaux peuvent être combinés en un signal commun pour transmission à un point de contrôle-commande distant.

**9.1.8** Les équipements et système de commande, y compris les câbles et cordons doivent être conçus et installés de manière à réduire au minimum la possibilité de dommage aux matériels connectés dû aux perturbations électromagnétiques. Les règles de base sont données en 9.5.

**9.1.9** Les équipements et système de commande, y compris les câbles et cordons, doivent être conçus et installés de manière à réduire au minimum les risques de défaut de fonctionnement, manœuvre intempestive ou information incorrecte. En satisfaisant à cette exigence, les influences telles que les chutes de tension, les pannes d'alimentation, les défauts d'isolement et les effets des perturbations électromagnétiques doivent être prises en compte.

**9.1.10** Les éléments de commande d'un appareillage doivent être conçus et installés de manière à éviter tout actionnement intempestif.

**9.1.11** Lorsqu'une télécommande est disponible, la sélection entre commande locale et télécommande doit s'effectuer au poste d'exploitation local (c'est-à-dire à proximité immédiate des commutateurs) ainsi qu'en tout endroit d'où le matériel peut être exploité.



## **9 Protection, control and auxiliary systems**

### **9.1 Monitoring and control systems**

**9.1.1** Monitoring, protection, regulating and control devices shall be provided, as necessary, for the correct and safe functioning of the equipment.

**9.1.2** Automatic devices, designed to offer selectivity and quick operation, shall provide protection against the effects of unacceptable overload and internal and external faults appropriate to the size and significance of installation.

**9.1.3** Equipment shall comply with the severity class (see IEC 60255) corresponding to the part of the installation in which it is located.

**9.1.4** Facilities shall be provided for isolating the control circuit of each primary switching equipment or each switchgear bay in order to allow maintenance of high voltage equipment to be performed safely.

**9.1.5** Provision shall be made to allow for repair, maintenance, and/or testing to be carried out on protection and control devices without any danger to personnel or the equipment.

**9.1.6** Control circuits and signalling circuits shall, preferably, be functionally separated. Tripping signals shall be displayed on the protection panel if it exists.

**9.1.7** Alarm and fault-indicating equipment shall clearly indicate danger and fault conditions; several signals can be combined as a common signal to be transmitted to a remote control point.

**9.1.8** The control equipment and system, including cables and cords, shall be designed and installed to minimize the possibility of damage to the connected equipment due to electromagnetic interference. Basic rules are given in 9.5.

**9.1.9** The control equipment and system, including cables and cords, shall be designed and installed in such a way that they minimize the danger from operating failure, inadvertent operation or incorrect information. In meeting this requirement, influences such as voltage dips, supply failure, insulation faults and electromagnetic interference effects shall be taken into account.

**9.1.10** The actuating elements for the control of a switchgear shall be designed and installed in such a way that accidental actuation is avoided.

**9.1.11** Where a remote control is available, local/remote control selection shall be provided at the local operating position (i.e. at or in the close vicinity of the switches) and at any different location from which the equipment can be operated.

## **9.2 Circuits d'alimentation en courant continu et courant alternatif**

### **9.2.1 Généralités**

Les systèmes basse tension à courant alternatif et à courant continu doivent être conçus conformément à la CEI 60364.

Des appareillages auxiliaires doivent être prévus pour séparer et protéger les divers circuits auxiliaires.

Il convient qu'une perte ou une panne de tension dans le circuit d'alimentation génère un signal à destination d'un poste de commande.

### **9.2.2 Alimentation à courant alternatif**

Les alimentations à courant alternatif peuvent être classées en deux catégories, à savoir les groupes essentiels et les groupes non essentiels. Les alimentations essentielles doivent être disponibles en permanence, sans interruption, tandis que les alimentations non essentielles peuvent faire l'objet de coupures plus ou moins longues.

Pour les alimentations appartenant au groupe essentiel, telles que les alimentations d'un système de commande informatisé, susceptible de traiter des signaux incorrects à la suite d'une coupure momentanée du courant, il est recommandé de prévoir une alimentation sans coupure appropriée.

### **9.2.3 Alimentation à courant continu**

**9.2.3.1** Les alimentations à courant continu doivent être capables d'alimenter toutes les charges en courant continu permanentes et les charges associées aux opérations essentielles. Ce résultat peut être atteint en choisissant un nombre approprié d'alimentations indépendantes de capacité suffisante.

**9.2.3.2** Il est recommandé que les alimentations à courant continu telles que les batteries et les chargeurs soient dotées d'instruments de contrôle de la tension et du courant.

**9.2.3.3** Les batteries doivent être installées dans des locaux ou armoires secs; une ventilation appropriée doit être assurée pour éliminer les risques d'explosion.

Lorsque les risques d'explosion ne peuvent pas être évités, des matériels protégés contre les explosions doivent être utilisés (voir la CEI 60079-0).

L'attention doit être attirée sur le risque d'explosion dû à la combustion de mélanges gazeux en présence d'une flamme nue ou de pièces incandescentes au moyen de panneaux résistants à la corrosion, lisibles et de dimensions appropriées.

**9.2.3.4** Quelle que soit la ventilation assurée, les locaux contenant des batteries au plomb de type ouvert doivent être considérés comme des installations à environnement corrosif. Les murs, plafonds et planchers doivent être conformes aux exigences de protection contre la corrosion et les produits gazeux. Des moyens doivent être prévus pour éviter l'entrée de substances corrosives dans les systèmes d'évacuation.

## **9.3 Systèmes à air comprimé**

**9.3.1** Les systèmes à air comprimé doivent être conçus de manière à être conformes à la législation en vigueur concernant les enceintes sous pression et les systèmes sous pression.

Des instruments et des alarmes doivent être prévus pour assurer le fonctionnement sûr et fiable du système à air comprimé.

## **9.2 DC and AC supply circuits**

### **9.2.1 General**

Low voltage a.c. and d.c. systems shall be designed in accordance with IEC 60364.

Auxiliary switchboards shall be provided to separate and protect the various auxiliary circuits.

A voltage loss or failure in the supply circuit should initiate a signal to a control location.

### **9.2.2 AC supply**

AC supplies may be categorized into essential and non-essential groups. Essential supplies shall be continuously available without any break, whereas not so essential ones may be allowed to be subject to brief or longer breaks.

For supplies belonging to the essential group, such as the supplies to a computerized control system, liable to process incorrect signals after a transient loss of power, the provision of a suitable UPS (uninterruptible power supply) is recommended.

### **9.2.3 DC supply**

**9.2.3.1** DC supply units shall be capable of supplying power to all permanent d.c. loads and to the loads associated with essential operations. This may be achieved by choosing an appropriate number of independent units of sufficient capacities.

**9.2.3.2** It is recommended that d.c. supply units such as batteries and chargers be provided with instruments for monitoring voltage and current.

**9.2.3.3** Batteries shall be installed in dry rooms or cubicles; proper ventilation shall be supplied to eliminate the risk of explosion.

Where the risk of explosion cannot be avoided, explosion protected equipment shall be used (see IEC 60079-0).

The risk of explosion due to combustion of gas mixtures in the presence of an open flame or glowing parts shall be indicated by means of corrosion-resistant, legible signs of suitable size.

**9.2.3.4** Notwithstanding the ventilation provided, rooms containing open type lead batteries shall be considered as locations with corrosive environments. Walls, ceilings and floors shall meet the requirements for protection against corrosion and gaseous products. Means shall be provided to prevent corrosive substances from entering any drainage systems.

## **9.3 Compressed air systems**

**9.3.1** Compressed air systems shall be designed to comply with the appropriate legislative rules regarding pressure vessels and pressurized systems.

Instruments and alarms shall be provided to ensure safe and reliable operation of the compressed air system.

**9.3.2** Le système à air comprimé doit être capable de fournir de l'air à une humidité relative adaptée au type et à la pression du matériel à alimenter, dans toutes les conditions d'environnement. Un équipement de séchage doit être prévu si nécessaire.

Les systèmes à air comprimé doivent être conçus de telle manière que l'eau puisse être évacuée de tous les récepteurs ou autres points où elle est susceptible de s'accumuler en cours de fonctionnement.

**9.3.3** Le système à air comprimé doit être conçu pour fonctionner à la capacité maximale et minimale dans toute la plage de conditions d'environnement prévisibles pour l'appareillage et/ou le système associés. Un refroidissement adéquat des compresseurs doit être assuré ainsi qu'une protection appropriée permettant le fonctionnement intermittent par temps de gel.

**9.3.4** Les enceintes sous pression et les tuyauteries doivent être protégés contre la corrosion interne et externe.

**9.3.5** La fonction des divers composants du système à air comprimé doit être clairement indiquée sur le matériel. Les différentes pressions doivent être indiquées sur les tuyauteries, enceintes et schémas par une méthode agréée par l'acquéreur.

**9.3.6** Le système à air comprimé doit être doté de points de sectionnement et d'évacuation en nombre suffisant pour permettre la sectionnalisation pour la maintenance conformément aux règles d'exploitation et de sécurité de l'utilisateur.

**9.3.7** Les tuyauteries maintenues sous pression en permanence doivent être protégées contre les dommages dus aux arcs électriques directs.

**9.3.8** Tous les organes de commande du système à air comprimé qui doivent être utilisés en exploitation doivent être disposés de manière à être accessibles en toute sécurité.

## **9.4 Installations de manutention du gaz SF<sub>6</sub>**

Lorsque du gaz doit être manipulé et récupéré, une installation mobile doit être prévue pour transférer le gaz de et vers le matériel rempli de gaz afin de permettre la maintenance du matériel primaire. Cette installation doit être capable d'évacuer et de stocker la plus grande quantité de gaz spécifiée et d'évacuer le plus grand volume spécifié au niveau de vide spécifié, et de remplir à la pression de remplissage la plus élevée spécifiée par le fabricant. La conception et la capacité de l'installation doit être déterminée par accord mutuel entre le fournisseur et l'utilisateur.

L'installation doit également être capable d'extraire de l'air à la pression atmosphérique du plus grand volume spécifié au niveau de vide spécifié par le fabricant. L'installation doit être capable de renvoyer le gaz vers le matériel et de recycler le gaz usagé à travers des filtres.

NOTE Les recommandations pour l'utilisation et la manipulation d'installations contenant du gaz SF<sub>6</sub> sont données dans la CEI 60480 et la CEI 61634.

## **9.5 Règles de base applicables à la compatibilité électromagnétique des systèmes de commande**

Le présent paragraphe traite de la protection des circuits de commande contre les perturbations électromagnétiques.

### **9.5.1 Sources de bruit électrique dans les installations à haute tension**

Les perturbations peuvent être transmises aux installations à haute tension par conduction, couplage capacitif, induction ou rayonnement.

**9.3.2** The compressed air system shall be capable of providing air of relative humidity appropriate to the type and operating pressure of the equipment to be supplied under all environmental conditions. Where necessary drying equipment shall be provided.

Compressed air systems shall be designed so that water can be drained from all receivers or other points where it may collect during operation.

**9.3.3** The compressed air system shall be designed to operate at its maximum and minimum capacity over the full range of environmental conditions to be expected for the associated switchgear and/or system. Adequate compressor cooling shall be provided as well as suitable protection to allow intermittent operation under freezing conditions.

**9.3.4** Pressure vessels and pipelines shall be protected against corrosion internally and externally.

**9.3.5** The function of various components of the compressed air system shall be clearly indicated on the equipment. Different pressures shall be identified on pipework, vessels and diagrams by a method acceptable to the purchaser.

**9.3.6** The compressed air system shall be provided with sufficient points of isolation and drainage to allow sectionalization for maintenance in accordance with the operating and safety rules of the user.

**9.3.7** Pipes which are permanently under pressure shall be protected against damage due to direct arcing.

**9.3.8** All controls of the compressed air system which have to be used during operation shall be arranged so that they are safely accessible.

#### **9.4 SF<sub>6</sub> gas handling plants**

Where gas has to be handled and retrieved, a mobile plant shall be provided to transfer gas to and from gas-filled equipment in order to permit maintenance on the primary equipment. This plant shall be capable of evacuating and storing the largest quantity of gas specified and of evacuating the largest volume specified to the vacuum level and refilling to the highest filling pressure specified by the manufacturer. The design and capacity of the plant shall be determined in agreement between supplier and user.

The plant shall also be capable of extracting air at atmospheric pressure from the largest volume specified to the vacuum level specified by the manufacturer. The plant shall be capable of returning gas to the equipment and recycling used gas through filters.

NOTE Guidance on handling of plants containing SF<sub>6</sub> is given in IEC 60480 and IEC 61634.

#### **9.5 Basic rules for electromagnetic compatibility of control systems**

This subclause deals with the protection of control circuits against electromagnetic interference.

##### **9.5.1 Electrical noise sources in high voltage installations**

Interferences may be transmitted into HV installations by means of conduction, capacitive coupling, induction or radiation.

- a) Les perturbations haute fréquence sont produites par
  - la commutation des circuits primaires,
  - les coups de foudre sur les lignes aériennes ou sur les composants reliés à la terre des installations à haute tension,
  - le fonctionnement des parafoudres avec espace,
  - la commutation des circuits secondaires,
  - les émetteurs radio à haute fréquence,
  - les décharges électrostatiques.
- b) Les perturbations à basse fréquence sont produites par
  - les courts-circuits,
  - les défauts à la terre,
  - les champs magnétiques générés par le matériel (barres omnibus, câbles de puissance, réactances, transformateurs, etc.).

La protection contre les perturbations est basée sur deux principes généraux:

- la réduction de la pénétration des champs électromagnétiques dans le matériel,
- l'établissement d'un équipotentiel entre chaque équipement et l'installation de mise à la terre.

### **9.5.2 Mesures à prendre pour réduire les effets des perturbations à haute fréquence**

Les recommandations listées ci-dessous sont les plus importantes pour réduire les effets des perturbations électromagnétiques à haute fréquence:

- a) construction appropriée des transformateurs de mesure (transformateurs de tension, transformateurs de courant), blindage efficace entre enroulement primaire et secondaire, essais de comportement des émissions haute fréquence;
- b) protection contre les coups de foudre;
- c) amélioration de l'installation de mise à la terre et des connexions de terre (voir 10.3.3);
- d) blindage des câbles des circuits secondaires:
  - il convient que les blindages soient continus;
  - il convient que les blindages aient une faible résistance (quelques ohms par kilomètre);
  - il convient que les blindages aient une faible impédance de couplage dans la plage de fréquence perturbatrice;
  - il convient que la mise à la terre des blindages soit aussi courte que possible;
  - il convient que les blindages soient reliés à la terre aux deux extrémités et en des points intermédiaires chaque fois que possible;
  - il convient que les blindages soient reliés à la terre à leur entrée dans les armoires de commande de telle manière que les courants circulant dans les blindages n'affectent pas les circuits non blindés. Il est recommandé que les connexions soient de préférence circulaires, par l'utilisation de presse-étoupe appropriés ou d'une procédure de soudage;
- e) regroupement de circuits: afin de réduire les surtensions en mode différentiel, il convient que les fils entrants et sortants associés à une même fonction soient regroupés dans le même câble. Il est bon que les câbles de commande soient dans toute la mesure du possible séparés des autres câbles.

- a) High frequency interferences are produced by
  - switching in primary circuits,
  - lightning strokes on overhead lines or on grounded components of high voltage installations,
  - operation of surge arresters with gaps,
  - switching in secondary circuits,
  - high frequency radio transmitters,
  - electrostatic discharges.
- b) Low frequency interferences are produced by
  - short circuits,
  - earth faults,
  - electromagnetic fields generated by equipment (busbars, power cables, reactances, transformers, etc.)

Protection against interference is based on two general principles:

- reduction of the penetration of electromagnetic fields into the equipment;
- establishment of equal potential between every piece of equipment and the earthing system.

#### **9.5.2 Measures to be taken to reduce the effects of high frequency interference**

The recommendations listed below are the most important ones for reducing the effects of high frequency electromagnetic interference:

- a) suitable construction of instrument transformers (voltage transformers, current transformers), effective shielding between primary and secondary winding, testing of high frequency transmission behaviour;
- b) protection against lightning strokes;
- c) improvement of the earthing system and earthing connections (see 10.3.3);
- d) shielding of secondary circuit cables:
  - shields should be continuous;
  - shields should have a low resistance (a few ohms per kilometre);
  - shields should have a low coupling impedance within the interference frequency range;
  - earthing of the shields should be as short as possible;
  - the shields should be earthed at both ends and intermediate points where possible;
  - the shields should be earthed at their entry to the control cabinets so that the currents circulating in the shields do not affect the unshielded circuits. Connections should preferably be circular by using suitable cable glands or a welding procedure;
- e) grouping of circuits: in order to reduce the differential mode overvoltages, the incoming and outgoing wires associated to a same function should be grouped within the same cable. As far as possible, control cables should be segregated from other cables.

### 9.5.3 Mesures à prendre pour réduire les effets des perturbations à basse fréquence

Les recommandations listées ci-dessous sont les plus importantes pour réduire les effets des perturbations électromagnétiques à basse fréquence.

#### a) Mesures concernant la pose des câbles:

- il convient que la séparation des câbles de commande des câbles de puissance soit effectuée par l'utilisation d'un espacement ou de cheminements différents;
- il convient que les câbles de puissance à disposition en trèfle soient utilisés de préférence aux câbles à disposition en nappe;
- il convient que le cheminement des câbles dans toute la mesure du possible ne soit pas parallèle aux barres omnibus ou aux câbles de puissance;
- il convient que les câbles de commande soient posés à l'écart des inductances et des transformateurs monophasés.

#### b) Mesures concernant la disposition des circuits:

- il convient que les boucles soient évitées;
- pour les circuits d'alimentation en courant continu auxiliaires, une configuration radiale est préférable à une configuration en anneau;
- il convient que la protection de deux circuits à courant continu différents par le même disjoncteur miniature soit évitée;
- il convient que la connexion en parallèle de deux bobines implantées dans des armoires séparées soit évitée;
- il convient que tous les fils du même circuit soient situés dans le même câble. Lorsque différents câbles doivent être utilisés, il convient qu'ils cheminent ensemble.

#### c) Les câbles à paires torsadées sont recommandés pour les signaux à bas niveau.

### 9.5.4 Mesures liées au choix du matériel

**9.5.4.1** L'installation doit être divisée en différentes zones, chacune correspondant à une classe d'environnement spécifique (voir 4.4).

Dans chaque zone, les matériels doivent être sélectionnés conformément à la classe d'environnement associée.

**9.5.4.2** Si nécessaire, les mesures suivantes doivent être prises dans les circuits internes:

- a) isolation métallique des circuits de signaux d'E/S;
- b) installation de filtres sur les circuits d'alimentation auxiliaire;
- c) installation de dispositifs limiteurs de tension tels que
  - circuits à condensateurs ou RC;
  - dispositifs de protection contre les surtensions à basse tension;
  - diodes Zener ou varistances;
  - diodes Transzorb.

Ces dispositifs doivent être installés à l'intérieur des équipements de protection et de commande.

**9.5.4.3** Mesures supplémentaires concernant les appareillages isolés au gaz.

- a) Connexion de grilles de renfort en béton au système de mise à la terre en différents points, en particulier dans le plancher (voir article 10).



### 9.5.3 Measures to be taken to reduce the effects of low frequency interference

The recommendations listed below are the most important ones for reducing the effects of low frequency electromagnetic interference.

- a) Measures concerning cable laying:
  - separation of control cables from power cables by using spacing or different routes;
  - power cables in trefoil formation should be preferred to a flat formation;
  - as far as possible, cable routes should not be parallel to bus bars or power cables;
  - control cables should be laid away from inductances and single-phase transformers.
- b) Measures concerning the circuit arrangement:
  - loops should be avoided;
  - for d.c. auxiliary supply circuits, a radial configuration is preferable to a ring configuration;
  - the protection of two different d.c. circuits by the same miniature circuit breaker should be avoided;
  - parallel connection of two coils located in separate cubicles should be avoided;
  - all wires of the same circuit should be located in the same cable. When different cables have to be used, they should be laid in the same route.
- c) Twisted pairs cables are recommended for low level signals.

### 9.5.4 Measures related to the selection of equipment

**9.5.4.1** The installation shall be divided into different zones, each of them corresponding to a specific class of environment (see 4.4).

In each zone, equipment shall be selected in accordance with the associated class of environment.

**9.5.4.2** Where necessary the following measures shall be taken in the internal circuitry:

- a) metallic isolation of the I/O signal circuits;
- b) installation of filters on auxiliary power supply circuits;
- c) installation of voltage-limiting devices such as
  - capacitor or RC circuits;
  - low voltage surge arresters;
  - zener diodes or varistors;
  - transzorb diodes.

These devices shall be installed inside the protection and control equipment.

**9.5.4.3** Additional measures concerning gas-insulated switchgear.

- a) Connection of concrete reinforcement grids to the earthing system at various points, especially in the floor (see clause 10).

- b) Blindage efficace au niveau des GIS/passages d'air par connexions multiples entre l'enceinte et le mur du bâtiment (sur la grille de renfort ou le revêtement métallique) et connexions multiples entre le mur et l'installation de mise à la terre.
- c) Conception adéquate et essais des matériels secondaires concernant leur immunité à certains transitoires électriques.

### **9.5.5 Autres mesures possibles pour réduire les effets des perturbations**

Les recommandations listées ci-dessous complètent, le cas échéant, les recommandations qui précèdent:

- l'installation des câbles de commande dans des conduits de câbles métalliques est recommandée. Il convient que la continuité et la mise à la terre des conduits soit assurée sur toute leur longueur;
- installer chaque fois que possible les câbles le long de surfaces métalliques;
- utiliser des câbles à fibre optique avec des matériels appropriés.

## **10 Installations de mise à la terre**

### **10.1 Généralités**

Le présent article énonce les critères à prendre en compte pour la conception, l'installation, les essais et la maintenance de l'installation de mise à la terre pour qu'elle fonctionne dans toutes les conditions et assure la sécurité des personnes à tout endroit où l'accès est autorisé. Elle énonce également les critères permettant d'assurer l'intégrité des matériels connectés et situés à proximité de l'installation de mise à la terre.

### **10.2 Exigences fondamentales**

#### **10.2.1 Critères de sécurité**

Le risque pour l'homme est qu'un courant suffisant pour entraîner la fibrillation ventriculaire traverse la région du cœur. Il convient que la limite du courant pour les réseaux à fréquence industrielle soit tirée de la CEI 60479-1 (courbe C1). Pour la conception des postes, cette courbe doit être traduite en limites de tension pour comparaison avec les tensions de pas et de contact en tenant compte de l'impédance présente dans le trajet du courant dans le corps. L'annexe B présente des courbes de limites de tension typiques. Les limites de tension doivent prendre en compte les facteurs suivants:

- proportion de courant passant par la région du cœur;
- impédance du corps le long du trajet du courant (sur la base des valeurs 5 % du tableau 1 de la CEI 60479-1);
- résistance entre les points de contact avec le corps et les trajets de retour (terre distante, prise de terre, par exemple);
- durée du défaut;
- grandeur du courant de défaut.

Il faut également prendre en compte le fait que la survenance des défauts, la grandeur du courant de défaut, la durée du défaut et la présence d'hommes sont par nature probabilistes.

L'ordre à suivre pour déterminer les limites de tension est indiqué à la figure 12.

- b) Good shielding at the GIS/air bushings by multiple connections between the enclosure and the building wall (to the reinforcement grid or metallic cladding) and multiple connections between the wall and earthing system.
- c) Adequate design and testing of secondary equipment concerning their immunity against electrical transients.

### **9.5.5 Other possible measures to reduce the effects of interference**

The recommendations listed below supplement, when applicable, the previous recommendations:

- installation of control cables in metallic cable ducts is recommended. Continuity and earthing of ducts should be ensured along their whole length;
- where possible, installation of cables along metallic surfaces;
- use of optical fibre cables with appropriate equipment.

## **10 Earthing systems**

### **10.1 General**

This clause provides the criteria for design, installation, testing and maintenance of an earthing system such that it operates under all conditions and ensures the safety of human life in any place to which persons have legitimate access. It also provides the criteria to ensure that the integrity of equipment connected and in proximity to the earthing system is maintained.

### **10.2 Fundamental requirements**

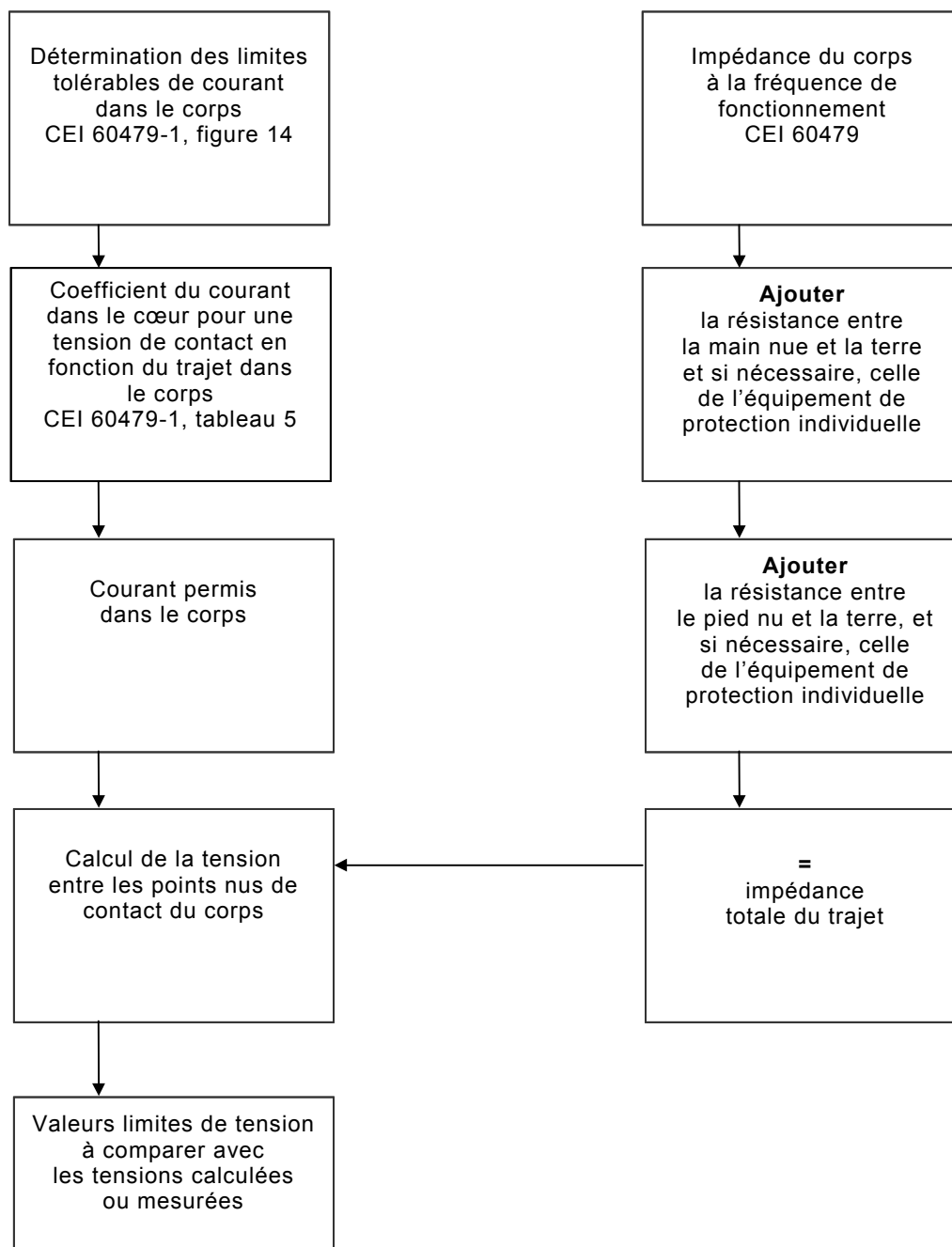
#### **10.2.1 Safety criteria**

The hazard to human beings is that a current will flow through the region of the heart which is sufficient to cause ventricular fibrillation. The current limit, for power-frequency purposes, should be derived from IEC 60479-1 (curve C1). For substation design, this curve needs to be translated into voltage limits for comparison with the calculated step and touch voltages taking into account the impedance present in the body current path. Annex B shows curves of typical voltage limits. The voltage limits shall take into account the following factors:

- proportion of current flowing through the region of the heart;
- body impedance along the current path (based on the 5 % values of table 1 of IEC 60479-1);
- resistance between the body contact points and return paths (e.g. remote earth, earth electrode);
- fault duration;
- fault current magnitude.

It must also be recognized that fault occurrence, fault current magnitude, fault duration and presence of human beings are probabilistic in nature.

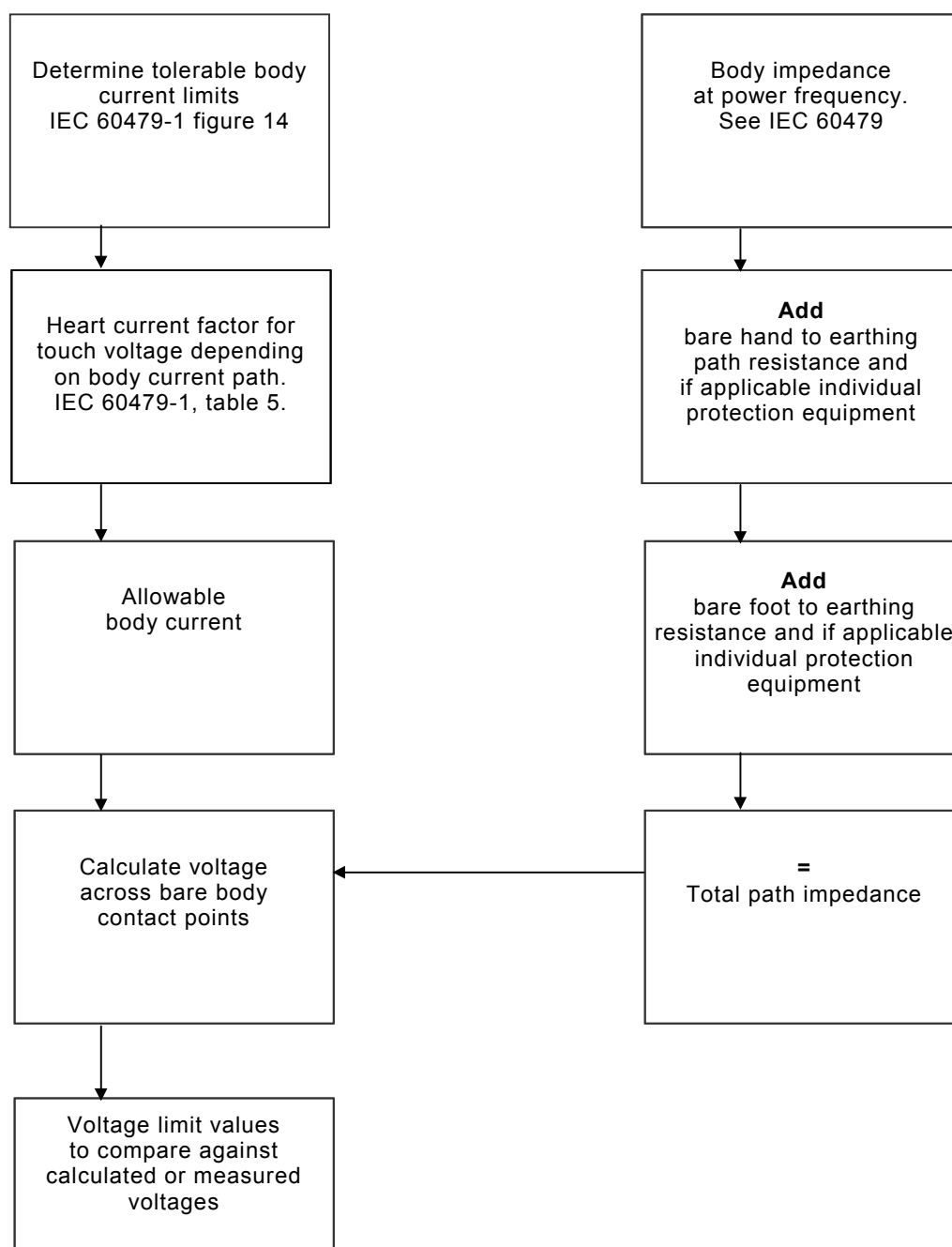
The sequence to be followed to determine the voltage limits is shown in figure 12.



IEC 2273/02

NOTE L'impédance du corps est fonction de la tension à travers le corps. Les limites de tension pour d'autres situations de contact peuvent être calculées de manière analogue.

**Figure 12 – Méthode de calcul de la limite de tension**



IEC 2273/02

NOTE Body impedance depends on voltage across body. Voltage limits for other body contact situations can be calculated in a similar way.

**Figure 12 – Method of calculating the voltage limit**

### 10.2.2 Exigences fonctionnelles

L'installation de mise à la terre, ses composants et les conducteurs de raccordement doivent être capables de distribuer et de décharger le courant de défaut sans dépasser les limites thermiques et mécaniques théoriques.

L'installation de mise à la terre doit conserver son intégrité pendant la durée de vie prévue en prenant en compte la corrosion et les contraintes mécaniques.

Les performances de l'installation de mise à la terre doivent éviter toute détérioration des équipements due à une augmentation excessive du potentiel, aux différences de potentiel au sein de l'installation de mise à la terre et dues à des courants excessifs s'écoulant dans les trajets auxiliaires non prévus pour transporter une partie du courant de défaut.

L'installation de mise à la terre, combinée à des mesures appropriées doit maintenir les potentiels de pas, de contact et de transfert dans les limites de tension.

### 10.2.3 Installations de mise à la terre haute et basse tensions communes

Lorsque des installations de mise à la terre haute et basse tension coexistent à proximité l'une de l'autre, une partie de l'élévation du potentiel de terre (EPR) de l'installation haute tension sera appliquée à l'installation basse tension. Deux méthodes sont actuellement utilisées:

- a) interconnexion de toutes les installations de mise à la terre haute tension avec les installations de mise à la terre basse tension;
- b) séparation des installations de mise à la terre haute tension des installations de mise à la terre basse tension.

Dans l'un et l'autre cas, les limites de tension de contact, de pas, de transfert et de contrainte dans l'installation basse tension doivent être entièrement respectées.

La méthode la plus couramment employée est l'interconnexion.

Les installations de mise à la terre haute et basse tensions doivent être interconnectées si le système basse tension est entièrement confiné dans la zone couverte par l'installation de mise à la terre haute tension.

Les exigences minimales du tableau 5 doivent être utilisées pour identifier les situations où l'interconnexion des installations de mise à la terre des alimentations basse tension extérieures à l'installation haute tension est faisable. La conformité totale est assurée si l'installation de mise à la terre de l'installation haute tension est connectée à une installation de mise à la terre globale ou à un réseau de conducteurs neutres haute tension à retours à la terre multiples.

Si les installations de mise à la terre haute tension et basse tension sont séparées, la méthode consistant à séparer les prises de terre doit être choisie de façon que l'installation basse tension ne fasse courir aucun risque aux personnes ou au matériel. Cela signifie que l'augmentation de potentiel du neutre de l'installation basse tension causée par un défaut de haute tension doit être inférieure aux valeurs données dans le tableau 5.

### 10.2.2 Functional requirements

The earthing system, its components and bonding conductors shall be capable of distributing and discharging the fault current without exceeding thermal and mechanical design limits.

The earthing system shall maintain its integrity for its expected lifetime with due allowance for corrosion and mechanical constraints.

Earthing system performance shall avoid damage to equipment due to excessive potential rise, potential differences within the earthing system and due to excessive currents flowing in auxiliary paths not intended for carrying parts of the fault current.

The earthing system, in combination with appropriate measures, shall maintain step, touch and transferred potentials within the voltage limits.

### 10.2.3 High and low voltage common earthing systems

Where high and low voltage earthing systems exist in proximity to each other, part of the EPR from the HV system will be applied on the LV system. Two practices are presently used:

- a) interconnection of all HV with LV earthing systems;
- b) separation of HV from LV earthing systems.

In either case, full compliance with touch, step, transfer and stress voltage limits within the LV installation shall be achieved.

The general method used is interconnection.

The HV and LV earthing systems shall be interconnected if the LV system is totally confined within the area covered by the HV earthing system.

The minimum requirements of table 5 shall be used to identify those situations where interconnection of earthing systems with low voltage supply outside the high voltage installation is feasible. Full compliance is ensured if the earthing system of the HV installation is connected to a global earthing system or a multi-earthed HV neutral conductor system.

If high voltage and low voltage earthing systems are separate, the method of separating earth electrodes shall be chosen such that no danger to persons or equipment can occur in the low voltage installation. This means that the potential rise of the neutral of the LV installation caused by a high voltage fault shall be lower than the values given in table 5.

**Tableau 5 – Exigences minimales pour l'interconnexion d'installations de mise à la terre basse et haute tensions basées sur les limites d'EPR**

Type d'installation BT <sup>a,b</sup>	Exigence
TT <sup>c</sup>	Pour $t_F \leq 5$ s $EPR \leq 1\,200$ V
	Pour $t_F > 5$ s $EPR \leq 250$ V
TN	$EPR \leq X \times U_T^{d,e}$
<p><sup>a</sup> Pour les définitions des types de réseaux basse tension, voir la CEI 60364-1.</p> <p><sup>b</sup> Pour les matériels de télécommunications, il est recommandé que les directives de l'UIT soient utilisées.</p> <p><sup>c</sup> Il convient que le pouvoir de tenue des matériaux basse tension soit pris en compte (sur la base de la CEI 60364-4-42).</p> <p><sup>d</sup> Si le conducteur PEN ou neutre du réseau basse tension est connecté à la terre uniquement au niveau de l'installation de mise à la terre haute tension, la valeur de X doit être de 1.</p> <p><sup>e</sup> <math>U_T</math> peut être tiré de l'annexe B.</p> <p>NOTE La valeur typique de X est 2. Des valeurs plus élevées de X peuvent être appliquées lorsqu'il y a des connexions supplémentaires du conducteur PEN à la terre. Pour certaines structures de sol, la valeur de X peut aller jusqu'à 5. Des précautions sont nécessaires lorsque cette règle est appliquée pour des sols à fortes différences de résistivité, dont la couche supérieure présente une résistivité plus élevée. Dans ce cas, la tension de contact peut dépasser 50 % de l'EPR.</p>	

### 10.3 Conception des installations de mise à la terre

#### 10.3.1 Généralités

La conception d'une installation de mise à la terre peut être effectuée comme suit:

- sur la base du courant et de la durée du défaut de terre, déterminer l'installation de mise à la terre minimale susceptible de satisfaire à l'exigence fonctionnelle;
- déterminer la zone d'intérêt. En l'absence d'une installation de mise à la terre globale: déterminer les caractéristiques du sol de la zone d'intérêt, en prenant en compte la variation saisonnière des paramètres du sol;
- à partir des caractéristiques du sol et du courant de défaut estimé déchargé dans le sol par l'installation de mise à la terre du site d'installation, déterminer l'EPR maximale;
- si l'EPR est inférieure aux tensions de pas et de contact tolérables, la conception est terminée. La conception est également terminée si les exigences du tableau 5 sont satisfaites;
- dans le cas contraire, déterminer si les tensions de pas et de contact à l'intérieur et au voisinage de l'installation de mise à la terre sont inférieures aux limites tolérables;
- déterminer si les potentiels transférés présentent un danger à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation d'énergie électrique. Si oui, prendre les mesures d'atténuation sur le site exposé;
- déterminer si le matériel basse tension est exposé à une tension de contrainte excessive. Si oui, prendre les mesures d'atténuation, ce qui peut inclure la séparation des installations de mise à la terre haute et basse tensions;
- déterminer si le courant de circulation neutre dans le transformateur peut entraîner des différences de potentiel excessives entre différentes parties de l'installation de mise à la terre. Si oui, prendre les mesures d'atténuation;
- une fois les critères ci-dessus satisfaits, la conception peut être affinée, si nécessaire, en répétant les étapes ci-dessus. Une conception détaillée est nécessaire pour s'assurer que toutes les pièces conductrices exposées sont reliées à la terre. Les pièces conductrices extérieures doivent être reliées à la terre s'il y a lieu.

La prise de terre structurelle doit être reliée à la masse et faire partie de l'installation de mise à la terre. Si elle n'est pas reliée à la masse, une vérification est nécessaire pour s'assurer que toutes les exigences de sécurité sont satisfaites.



**Table 5 – Minimum requirements for interconnection of low voltage and high voltage earthing systems based on EPR limits**

Type of LV system <sup>a, b</sup>	Requirement
TT <sup>c</sup>	For $t_F \leq 5$ s $EPR \leq 1\,200$ V
	For $t_F > 5$ s $EPR \leq 250$ V
TN	$EPR \leq X \times U_T$ <sup>d, e</sup>
<p><sup>a</sup> For definitions of the type of LV systems, see IEC 60364-1.</p> <p><sup>b</sup> For telecommunication equipment, the ITU directives should be used.</p> <p><sup>c</sup> The withstand capability of low voltage material should be taken into account (based on IEC 60364-4-42).</p> <p><sup>d</sup> If the PEN or neutral conductor of the low voltage system is connected to earth only at the HV earthing system, the value of X shall be 1.</p> <p><sup>e</sup> <math>U_T</math> can be taken from annex B.</p>	
<p>NOTE The typical value for X is 2. Higher values of X may be applied where there are additional connections of the PEN conductor to earth. For certain soil structures, the value of X may be up to 5. Caution is necessary when this rule is applied in soils with high resistivity contrast where the top layer has a higher resistivity. The touch voltage in this case can exceed 50 % of the EPR.</p>	

### 10.3 Design of earthing systems

#### 10.3.1 General

Design of an earthing system can be accomplished by the following:

- based on earth fault current and duration, determine the minimum earthing system which could meet the functional requirement;
- determine the zone of interest. If not a global earthing system, then determine the soil characteristics of the zone of interest, taking into account the seasonal variation of the soil parameters;
- based on soil characteristics and the estimated fault current discharged into the soil by the earthing system of the installation site, determine the maximum EPR;
- if the EPR is below the tolerable step and touch voltages, the design is completed. The design is also completed if the requirements of table 5 are met;
- if not, determine if step and touch voltages inside and in the vicinity of the earthing system are below the tolerable limits;
- determine if transferred potentials present a hazard outside or inside the electrical power installation. If yes, proceed with mitigation at exposed location;
- determine if low voltage equipment is exposed to excessive stress voltage. If yes, proceed with mitigation measures, which can include separation of HV and LV earthing systems;
- determine if the circulating transformer neutral current can lead to excessive potential differences between different parts of the earthing system. If yes, proceed with mitigation measures;
- once the above criteria have been met, the design can be refined, if necessary, by repeating the above steps. Detailed design is necessary to ensure that all exposed conductive parts, are earthed. Extraneous conductive parts shall be earthed, if appropriate.

The structural earth electrode shall be bonded and form part of the earthing system. If not bonded, verification is necessary to ensure that all safety requirements are met.

### 10.3.2 Défauts du réseau électrique

L'objectif est de déterminer le scénario de défaut le plus défavorable pour chaque aspect pertinent des exigences fonctionnelles, car ceux-ci peuvent différer. Les types de défaut suivants doivent être examinés pour chaque niveau de tension présent dans l'installation:

- a) trois phases à la terre;
- b) deux phases à la terre,
- c) une phase à la terre.

Les défauts à l'intérieur et à l'extérieur du site d'installation doivent être étudiés pour déterminer le site le plus défavorable aux défauts.

On doit prendre en compte l'effet combiné de l'importance et de la durée du défaut lors de l'établissement des niveaux de stress imposés à une personne, à un matériel ou aux composants de mise à la terre.

Le temps de fonctionnement normal des relais et coupe-circuits de protection doit être utilisé pour la sécurité personnelle.

Le temps de fonctionnement de secours des relais de protection doit être utilisé comme minimum pour les exigences thermiques.

Les installations peuvent présenter des différences de potentiel importantes entre des parties de l'installation de mise à la terre, en particulier du fait des courants neutres de circulation des transformateurs. Dans ce cas, l'augmentation de la section des conducteurs, la réduction de l'espacement du maillage de l'installation de mise à la terre et l'utilisation de câbles de commande blindés sont des mesures d'atténuation typiques.

### 10.3.3 Foudre et transitoires

La foudre et les opérations de commutation sont des sources de courants et de tensions à haute et à basse fréquence. Des surtensions se produisent en général lors de la commutation de longues sections de câble, de l'actionnement de sectionneurs GIS ou de la commutation de condensateurs dos à dos. Une bonne atténuation nécessite d'une part une densité d'électrodes suffisante aux points d'injection, pour prendre en compte les courants haute fréquence, et d'autre part une installation de mise à la terre suffisamment étendue pour prendre en compte les courants basse fréquence. L'installation de mise à la terre haute tension doit faire partie du système de protection contre la foudre, et des conducteurs de mise à la terre supplémentaires peuvent être nécessaires aux points d'injection.

Les normes appropriées relatives à la compatibilité électromagnétique et à la foudre doivent être utilisées pour prendre en compte les aspects spécifiques liés à la tenue aux transitoires de l'installation de mise à la terre et de ses composants.

## 10.4 Construction des installations de mise à la terre

Lorsque des travaux de construction impliquent une installation de mise à la terre existante, des mesures de protection doivent être prises pour assurer la sécurité des personnes en cas de défaut.

## 10.5 Mesures

Des mesures doivent être effectuées après la construction, si nécessaire, pour vérifier l'adéquation de la conception. Les mesures peuvent porter sur l'impédance de l'installation de mise à la terre, les tensions de contact et de pas prévues en différents points, et le potentiel de transfert s'il y a lieu. Lors de la mesure des tensions de contact et de pas en conditions d'essai, deux choix sont possibles. Soit mesurer les tensions de contact et de pas prévues au moyen d'un voltmètre à haute impédance, soit mesurer les tensions de contact et de pas effectives aux bornes d'une résistance appropriée représentant le corps humain.

### 10.3.2 Power system faults

The objective is to determine the worst case fault scenario for every relevant aspect of the functional requirements, as these may differ. The following types of fault shall be examined at each voltage level present in the installation:

- a) three phases to earth;
- b) two phases to earth;
- c) single phase to earth.

Faults within and outside the installation site shall be examined to determine the worst fault location.

Due consideration shall be taken into account of the combined effect of the magnitude and duration of the fault in establishing the levels of stress imposed on a person, equipment or earthing component.

Normal operating time of protection relays and breakers shall be used for personal safety.

Back-up relay protection operating time shall be used as a minimum for thermal requirements.

Installations may exhibit significant potential differences between parts of the earthing system, particularly due to circulating transformer neutral currents. In such cases, increasing conductor cross-section, reduction of mesh spacing of the earthing system and the use of shielded control cables are typical mitigating measures.

### 10.3.3 Lightning and transients

Lightning and switching operations are sources of high and low frequency currents and voltages. Surges typically occur when switching long cable sections, operating GIS disconnectors or carrying out back-to-back capacitor switching. Successful attenuation requires sufficient electrode density at injection points to deal with high frequency currents, together with an earthing system of sufficient extent to deal with low frequency currents. The HV earthing system shall form part of the lightning protection system and additional earthing conductors may be required at injection points.

Relevant electromagnetic compatibility and lightning standards shall be used to address specific aspects related to the transient performance of the earthing system and its components.

## 10.4 Construction of earthing systems

Where construction work involves an existing earthing system, protective measures shall be taken to ensure the safety of persons during fault conditions.

## 10.5 Measurements

Measurements shall be carried out after construction, where necessary, to verify the adequacy of the design. Measurements may include the earthing system impedance, prospective touch and step voltages at relevant locations and transfer potential, if appropriate. When measuring touch and step voltages under test conditions, two choices are possible. Either measure the prospective touch and step voltages using a high impedance voltmeter or measure the effective touch and step voltages appearing across an appropriate resistance which represents the human body.

## **10.6 Mise en service**

La mise en service de l'installation de mise à la terre doit être effectuée conformément à l'article 11.

## **10.7 Maintenance**

### **10.7.1 Contrôles**

L'état des composants de l'installation de mise à la terre doit être vérifié périodiquement par contrôle. Des excavations pratiquées en des points représentatifs et le contrôle visuel sont des moyens appropriés.

### **10.7.2 Mesures ou calculs**

Les mesures ou calculs des performances de l'installation de mise à la terre doivent être effectués périodiquement ou à la suite de modifications majeures affectant des exigences fondamentales. Des essais de continuité doivent aussi être effectués.

## **11 Contrôles et essais**

Des contrôles et essais doivent être effectués pour vérifier la conformité de l'installation avec la présente norme et la conformité du matériel avec les spécifications techniques applicables.

Ce qui suit doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur:

- l'étendue des contrôles et des essais;
- les spécifications applicables;
- l'étendue et le type de documentation fournie.

NOTE Les essais spécifiques sur site pour les matériels fabriqués en usine et soumis à des essais de type et pour les ensembles fabriqués en usine sont indiqués et basés sur les normes de la CEI.

La vérification peut être effectuée par les méthodes suivantes:

- contrôles visuels;
- essais de bon fonctionnement;
- mesure.

Les contrôles et essais des parties des installations électriques peuvent être effectués après la livraison ainsi que lorsque l'installation est terminée.

Les processus généralement effectués sont, par exemple,

- a) la vérification de caractéristiques du matériel (y compris les valeurs nominales) pour les conditions d'exploitation données;
- b) la vérification des distances de séparation minimales entre les parties actives et la terre;
- c) l'essai de fréquence secteur pour les appareillages;
- d) l'essai de tension pour les câbles;
- e) la vérification des hauteurs minimales et des distances aux barrières de protection;
- f) les contrôles visuels et/ou essais de bon fonctionnement des matériels électriques et de parties de l'installation;
- g) les essais de bon fonctionnement et/ou mesure des dispositifs de protection, de surveillance, de mesure et de commande;
- h) le contrôle des marquages, panneaux de sécurité et dispositifs de sécurité;
- i) la vérification que le classement de résistance au feu des bâtiments/enceintes est correct;
- j) la vérification que les issues de secours sont opérationnelles;
- k) la vérification de l'installation de mise à la terre.

## **10.6 Commissioning**

Commissioning of the earthing system shall be performed in accordance with clause 11.

## **10.7 Maintenance**

### **10.7.1 Inspections**

The condition of the earthing system components shall be examined periodically by inspection. Excavating at representative locations and visual inspection are appropriate means.

### **10.7.2 Measurements or calculations**

Measurements or calculations of the earthing system performance shall be carried out periodically or following major changes affecting fundamental requirements. Continuity tests shall also be made.

## **11 Inspection and testing**

Inspections and tests shall be carried out to verify compliance of the installation with this standard and compliance of the equipment with the applicable technical specifications.

The following shall be subject to agreement between the supplier and the user:

- the extent of the inspection and testing;
- which specifications are applicable;
- the extent and type of documentation provided.

NOTE Specific tests on site for factory-built and type tested equipment and for factory-built assemblies are indicated and are based on IEC standards.

Verification may be achieved by the following methods:

- visual inspections;
- functional tests;
- measuring.

Inspections and tests on parts of power installations may be carried out after delivery as well as when the installation has been completed.

Typical processes that are usually carried out are, for example:

- a) verification of characteristics of the equipment (including rated values) for the given operating conditions;
- b) verification of minimum clearances between live parts and between live parts and earth;
- c) power-frequency test for switchgear;
- d) voltage test for cables;
- e) verification of minimum heights and of protective barrier clearances;
- f) visual inspections and/or functional tests of electrical equipment and parts of installation;
- g) functional tests and/or measuring of protective, monitoring, measuring and controlling devices;
- h) inspection of markings, safety signs and safety devices;
- i) verification of correct fire ratings for buildings/enclosures;
- j) verification that emergency exits are operational;
- k) verification of the earthing system.

## Annexe A (normative)

### Valeurs des niveaux d'isolement assignés et des distances minimales se fondant sur les pratiques courantes de certains pays

**Tableau A.1 – Valeurs des niveaux d'isolement assignés et distances minimales dans l'air pour  $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$  pour la tension la plus élevée pour les matériels  $U_m$  non normalisés par la CEI se fondant sur les pratiques courantes de certains pays**

Domaine de tension	Tension nominale du réseau	Tension la plus élevée pour les matériels	Tension de tenue assignée aux fréquences industrielles	Tensions de tenue aux chocs <sup>a</sup>	Distance minimale phase-terre et phase-phase, $N$ <sup>b</sup>	
	$U_n$ efficace	$U_m$ efficace	Efficace	1,2/50 $\mu\text{s}$ (valeur crête)	Installations intérieures	Installations extérieures
	kV	kV	kV	kV	mm	mm
I		2,75	15	30 45 60	60 70 90	120 120 120
		4,76	19	60	90	120
		5,5	19	45 60 75	70 90 120	120 120 120
		8,25	27	60 75 95	90 120 160	120 150 160
		8,25	26 35	75 95	120 160	150 160
		15	35 50	95 110	160 180	160 180
		15,5	35	75 85 110	120 150 180	150 160 180
	15	17,5	38	110 125	180 220	
	22 (20)	24	50	150	280	
	22	25	50	95 125 150	190 210	290
		25,8	50 70	125 150	220 280	
		27	50	95 125 150	160 220 280	

<sup>a</sup> Le choc assigné est applicable entre phases et entre phase et terre.

<sup>b</sup> Pour les structures à tiges.

## Annex A

### (normative)

### Values of rated insulation levels and minimum clearances based on current practice in some countries

**Table A.1 – Values of rated insulation levels and minimum clearances in air for  
1 kV <  $U_m \leq 245$  kV for highest voltages for equipment  $U_m$  not standardized  
by the IEC based on current practice in some countries**

Voltage range	Nominal voltage of system	Highest voltage for equipment	Rated short-duration power-frequency withstand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage <sup>a</sup>	Minimum phase-to-earth and phase-to-phase clearance, $N$ <sup>b</sup>	
	$U_n$ r.m.s.	$U_m$ r.m.s.	r.m.s.	1,2/50 $\mu$ s (peak value)	Indoor installations	Outdoor installations
	kV	kV	kV	kV	mm	mm
I		2,75	15	30 45 60	60 70 90	120 120 120
		4,76	19	60	90	120
		5,5	19	45 60 75	70 90 120	120 120 120
		8,25	27	60 75 95	90 120 160	120 150 160
		8,25	26 35	75 95	120 160	150 160
		15	35 50	95 110	160 180	160 180
		15,5	35	75 85 110	120 150 180	150 160 180
	15	17,5	38	110 125	180 220	
	22 (20)	24	50	150	280	
	22	25	50	95 125 150	190 210	290
		25,8	50 70	125 150	220 280	
		27	50	95 125 150	160 220 280	

<sup>a</sup> The rated lightning impulse is applicable phase-to-phase and phase-to-earth.  
<sup>b</sup> For rod-structure

**Tableau A.2 – Valeurs des niveaux d'isolement assignés et distances minimales dans l'air pour  $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$  pour la tension la plus élevée pour les matériels  $U_m$  non normalisés par la CEI se fondant sur les pratiques courantes de certains pays**

Domaine de tension	Tension nominale du réseau	Tension la plus élevée pour les matériels	Tension de tenue assignée aux fréquences industrielles	Tensions de tenue aux chocs <sup>a</sup>	Distance minimale phase-terre et phase-phase, $N$ <sup>b</sup>	
	$U_n$ efficace	$U_m$ efficace	Efficace	1,2/50 $\mu\text{s}$ (valeur crête)	Installations intérieures	Installations extérieures
	kV	kV	kV	kV	mm	mm
I		30	70	160	290	
	30	36	70	200	380	
		38	70	125 150 200	220 280 360	
		38	70 95	150 200	280 360	
	35	38,5	75	155 180 195	270 320	400
	36	40,5	80	190	350	
	36	41,5	80	170 200	320 360	
		48,3	105	150 200 250	280 360 480	
		48,3	120	250	480	
		72,5	160	350	690	
	70	82,5	150	380	750	
		100	150 185	380 450	750 900	
		204	275 325	650 750	1 300 1 500	

<sup>a</sup> Le choc assigné est applicable entre phases et entre phase et terre.

<sup>b</sup> Pour les structures à tiges.



**Table A.2 – Values of rated insulation levels and minimum clearances in air for  $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$  for highest voltages for equipment  $U_m$  not standardized by IEC based on current practice in some countries**

Voltage range	Nominal voltage of system	Highest voltage for equipment	Rated short-duration power-frequency withstand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage <sup>a</sup>	Minimum phase-to-earth and phase-to-phase clearance, $N$ <sup>b</sup>	
	$U_n$ r.m.s.	$U_m$ r.m.s.	r.m.s.	1,2/50 $\mu\text{s}$ (peak value)	Indoor installations	Outdoor installations
I	kV	kV	kV	kV	mm	mm
		30	70	160	290	
	30	36	70	200	380	
		38	70	125 150 200	220 280 360	
		38	70 95	150 200	280 360	
	35	38,5	75	155 180 195	270 320	400
	36	40,5	80	190	350	
	36	41,5	80	170 200	320 360	
		48,3	105	150 200 250	280 360 480	
		48,3	120	250	480	
		72,5	160	350	690	
	70	82,5	150	380	750	
		100	150 185	380 450	750 900	
		204	275 325	650 750	1 300 1 500	

<sup>a</sup> The rated lightning impulse is applicable to phase-to-phase and phase-to-earth.

<sup>b</sup> For rod-structure.

**Tableau A.3 – Valeurs des niveaux d'isolement assignés et distances minimales dans l'air pour  $U_m > 245$  kV pour la tension la plus élevée pour les matériels  $U_m$  non normalisés par la CEI se fondant sur les pratiques courantes de certains pays**

Domaine de tension	Tension nominale du réseau	Tension la plus élevée pour les matériels	Tension de tenue assignée aux fréquences industrielles	Tension assignée de tenue aux chocs <sup>a</sup>	Tension assignée de tenue aux surtensions de manœuvre	Distance minimale phase-terre		Tension assignée de tenue aux surtensions de manœuvre	Distance minimale phase-terre	
	$U_n$ efficace	$U_m$ efficace	Efficace	1,2/50 $\mu$ s (valeur crête)	Phase-terre 250/2 500 $\mu$ s (valeur crête)	Structure à conducteur	Structure à tiges $N$	Phase-phase 250/2 500 $\mu$ s (valeur crête)	Conducteur – conducteur en parallèle	Conducteur à tige
II	kV	kV	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
		362	520	1 300	950	2 400	2 900	1 425	3 100	3 600
	500	550	680	1 800	1 175		4 000			6 500
	500	550	710	1 800	1 175	3 300	4 100	2 210	6 100	7 400
	500	550	775	1 800	1 175	3 350	3 650		4 600	5 200
	500	550	635	1 300 1 425 1 550 1 800			5 800			5 800

<sup>a</sup> Le choc assigné est applicable entre phases et entre phase et terre.

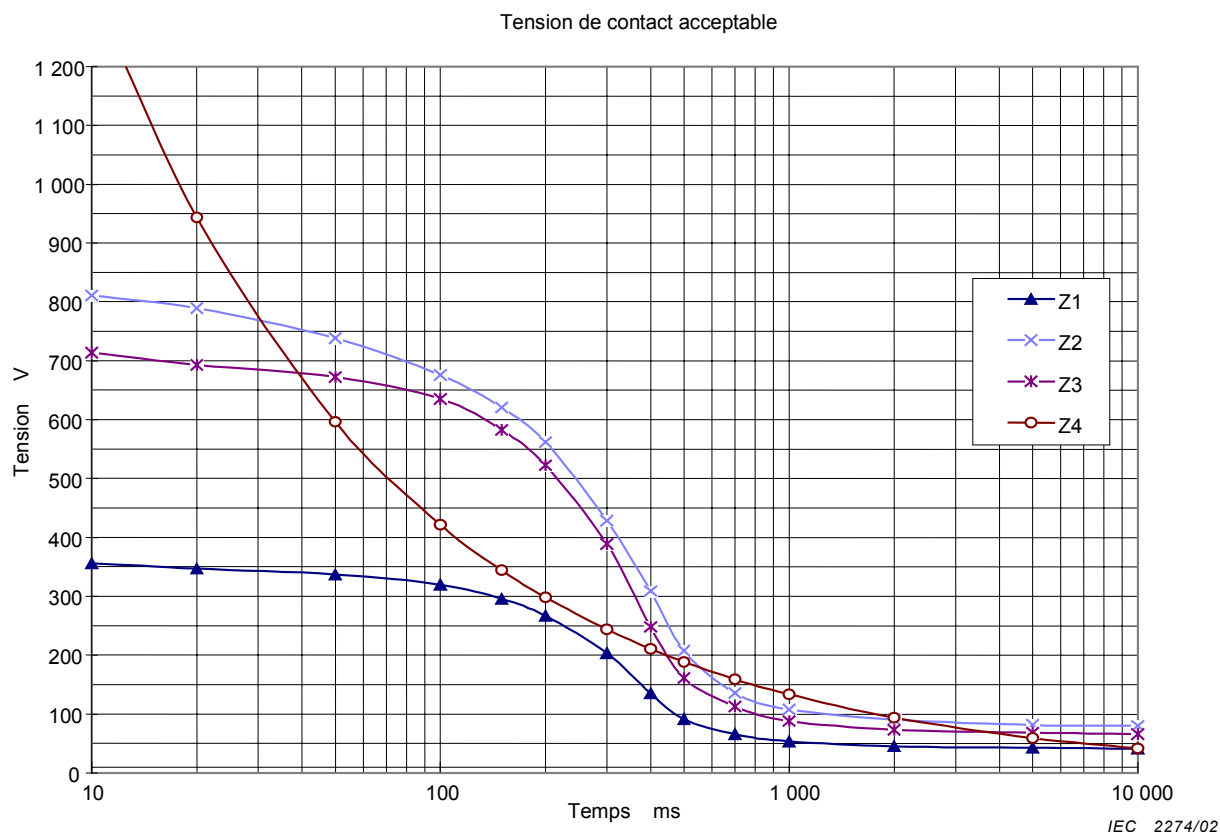
**Table A.3 – Values of rated insulation levels and minimum clearances in air for  $U_m > 245$  kV for highest voltages for equipment  $U_m$  not standardized by IEC based on current practice in some countries**

Voltage range	Nom- inal voltage of system	Highest voltage for equip- ment	Rated short- duration power- fre- quency with- stand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage <sup>a</sup>	Rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase- to-earth clearance		Rated switching impulse withstand voltage	Minimum phase- to-phase clearance	
	$U_n$ r.m.s.	$U_m$ r.m.s.	r.m.s.	1,2/50 $\mu$ s (peak value)	Phase-to- earth 250/ 2 500 $\mu$ s (peak value)	Con- ductor - structure	Rod - structure <i>N</i>	Phase-to- phase 250/ 2 500 $\mu$ s (peak value)	Conductor - conductor parallel	Rod - conductor
	kV	kV	kV	kV	kV	mm		kV	mm	
II		362	520	1 300	950	2 400	2 900	1 425	3 100	3 600
	500	550	680	1 800	1 175		4 000			6 500
	500	550	710	1 800	1 175	3 300	4 100	2 210	6 100	7 400
	500	550	775	1 800	1 175	3 350	3 650		4 600	5 200
	500	550	635	1 300 1 425 1 550 1 800			5 800			5 800

<sup>a</sup> The rated lightning impulse is applicable phase-to-phase and phase-to-earth.

## Annexe B (informative)

### Tensions limites de contact typiques



Courbe Z1: En supposant une impédance du corps  $Z_5$  (dépassée par 95 % de la population) et un courant acceptable correspondant à la courbe C1 (probabilité de fibrillation ventriculaire très inférieure à 5 %). Voir la CEI 60479-1.

Courbe Z2: En supposant une impédance du corps  $Z_{50}$  (dépassée par 50 % de la population) et un courant acceptable correspondant à la courbe C2 (probabilité de fibrillation ventriculaire inférieure à 5 %). Voir la CEI 60479-1.

Courbe Z3: Identique à Z1 et en considérant un trajet pied nu-terre de résistance 700  $\Omega$ .

Courbe Z4: En supposant une impédance du corps de 1 000  $\Omega$  et un courant acceptable basé sur l'IEEE 80 (personne de 50 kg et résistivité électrique du sol de 100  $\Omega \cdot m$ ).

NOTE La courbe Z3 correspond aussi à la courbe Z2 dont elle dérive en utilisant la courbe C2 et l'impédance du corps  $Z_{50}$  sans résistance de trajet vers la terre.

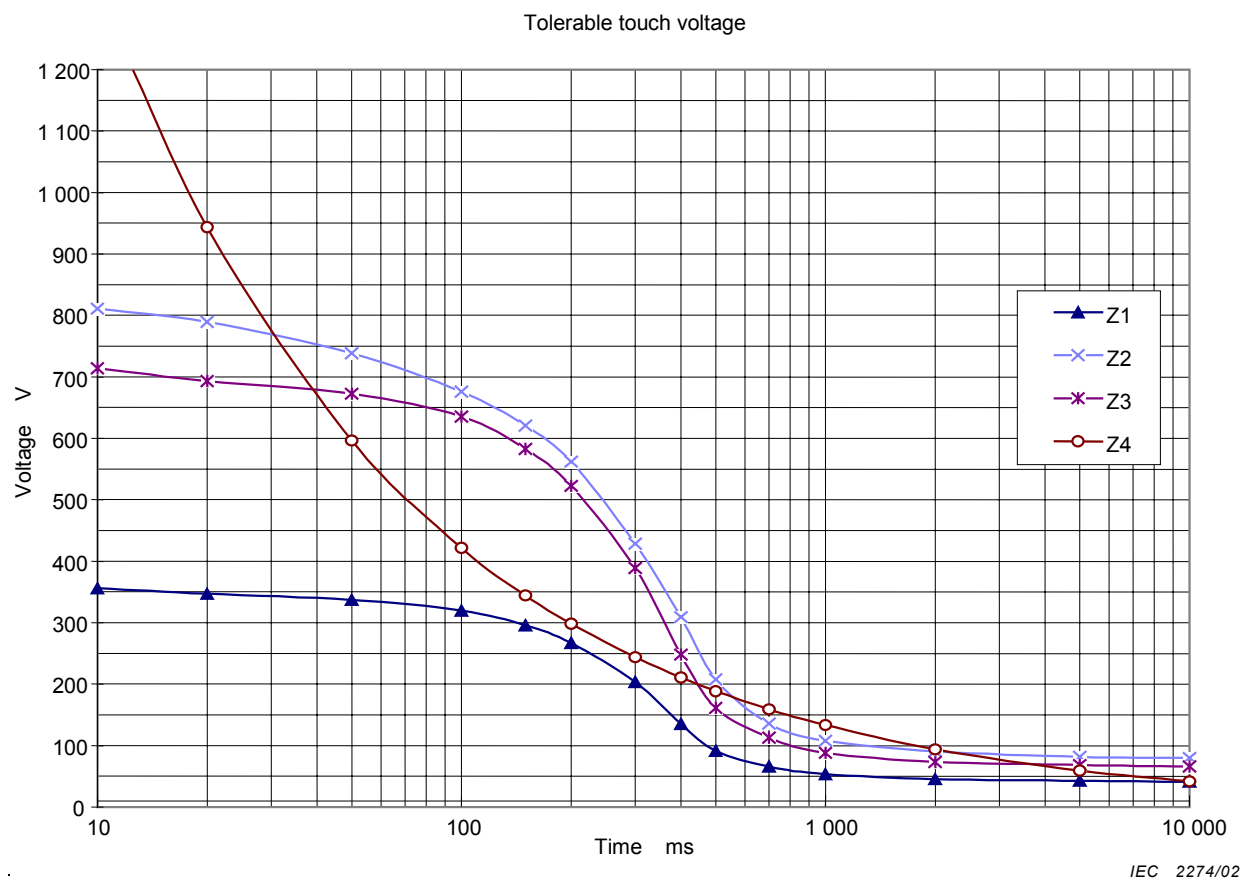
Des analyses probabilistes et statistiques suggèrent que la courbe Z2 utilisée actuellement dans certains pays présente un niveau de risque faible et qu'il convient de la considérer comme une prescription minimale. Des conditions plus sévères doivent être prises dans des emplacements publics ou conformément aux règles nationales.

La tension limite peut être prise égale à la tension de contact admissible  $U_T$ .

**Figure B.1 – Tensions limites de contact typiques**

## Annex B (informative)

### Typical touch voltage limits



Z1 curve: Assuming a body impedance  $Z_5$  (exceeded by 95 % of the population) and a permissible current corresponding to C1 curve (probability of ventricular fibrillation is much less than 5 %). Reference IEC 60479-1.

Z2 curve: Assuming a body impedance  $Z_{50}$  (exceeded by 50 % of the population) and a permissible current corresponding to C2 curve (probability of ventricular fibrillation is less than 5 %). Reference IEC 60479-1.

Z3 curve: Same as Z1 and considering a bare foot to earthing path resistance of 700  $\Omega$ .

Z4 curve: Assuming a body impedance of 1 000  $\Omega$  and a permissible current based on IEEE standard 80 (50 kg person and 100  $\Omega \cdot m$  electric resistivity of soil).

NOTE The Z3 curve also corresponds to the Z2 curve which is derived by assuming the C2 curve and  $Z_{50}$  body impedance without earthing path resistance.

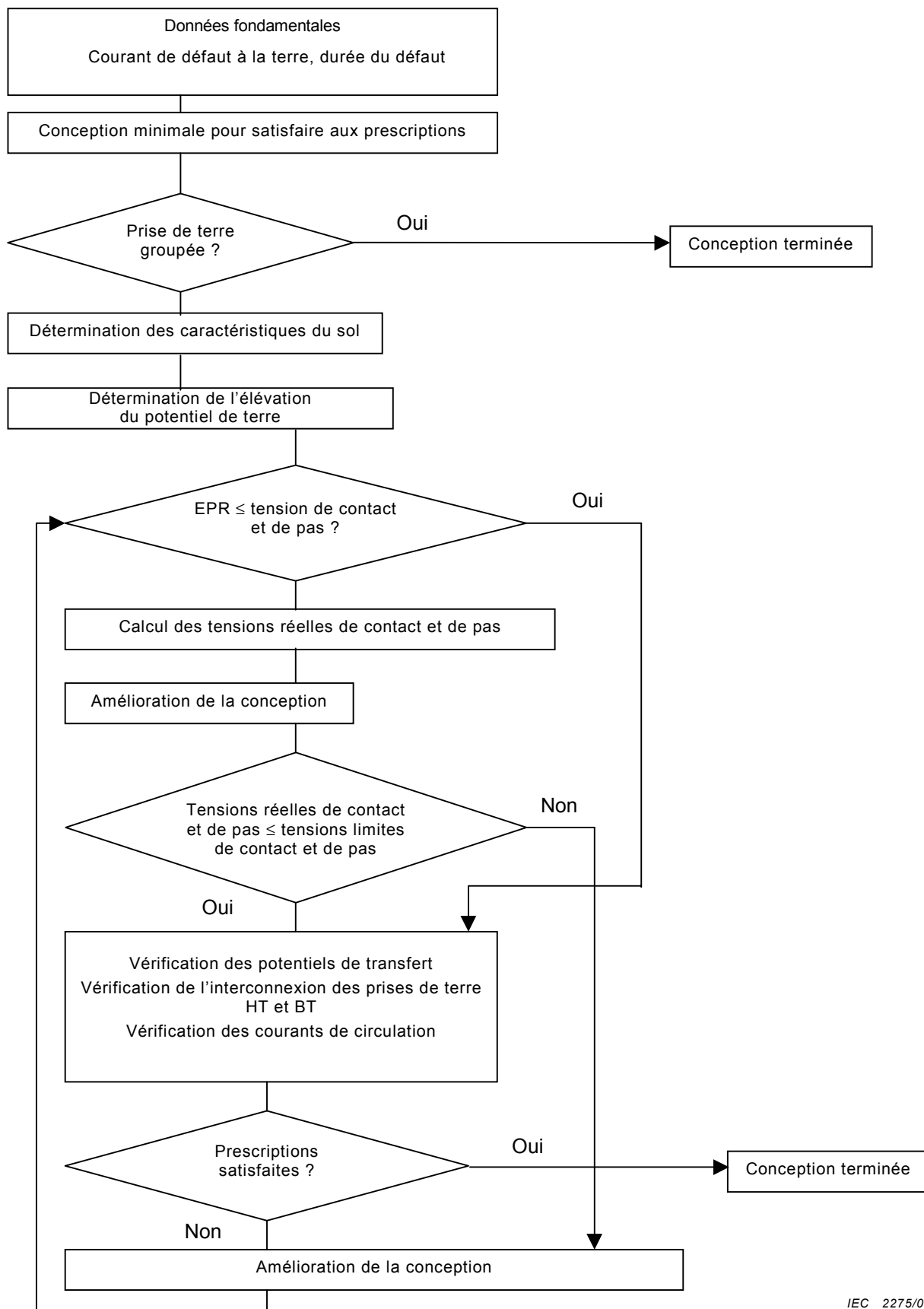
Probabilistic and statistical evidence suggest that the Z2 curve which is presently used in several countries presents a low level of risk and should be considered as an acceptable minimum requirement. More stringent conditions shall be adopted at exposed public locations or based on national regulations.

The voltage limit can be taken as a tolerable touch voltage  $U_T$ .

**Figure B.1 – Typical touch voltage limits**

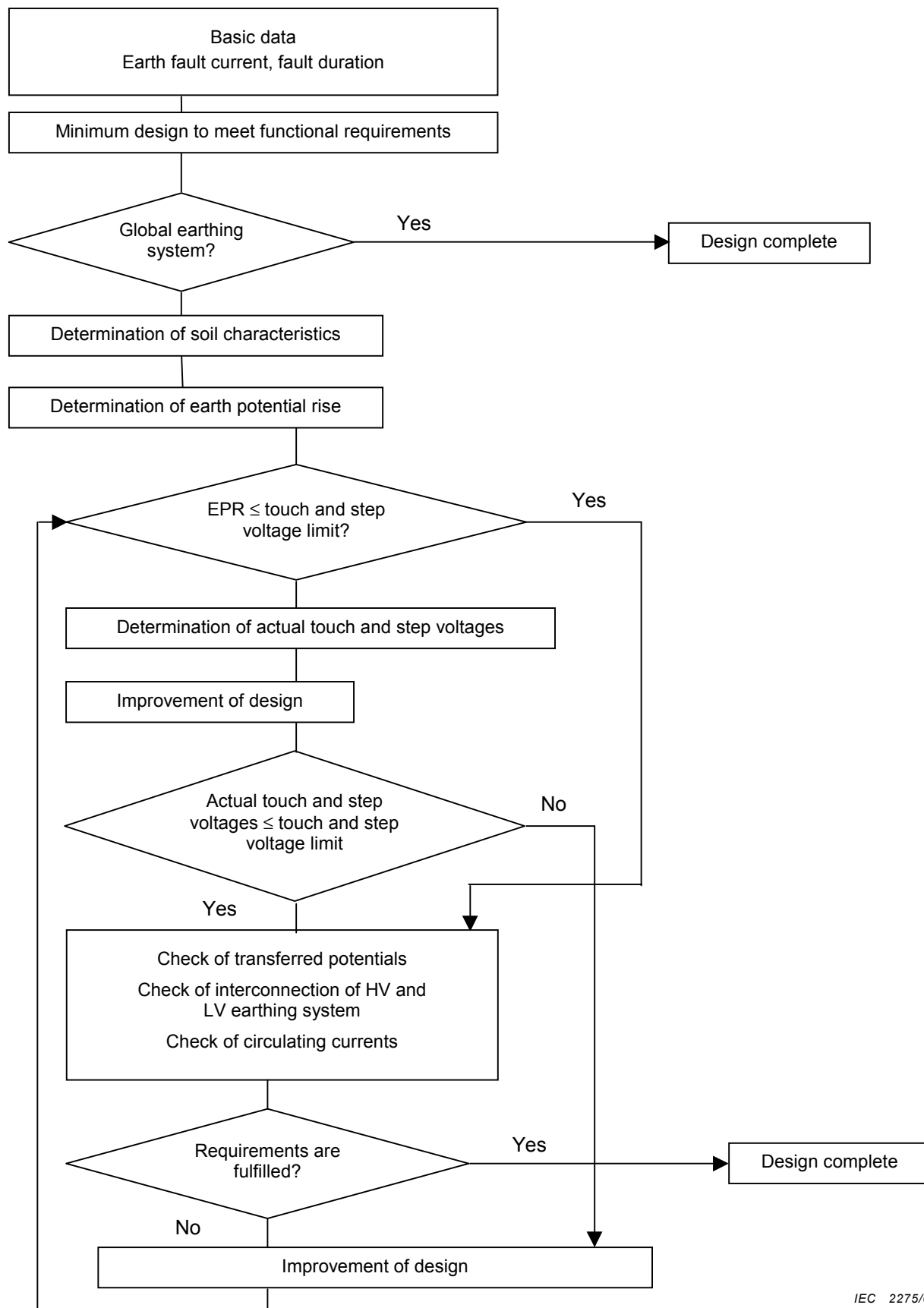
## Annexe C (normative)

### Diagramme de conception d'une prise de terre



## Annex C (normative)

### Earthing system design flow chart



## Bibliographie

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050(151):2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(195):1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

CEI 60050(411):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 411: Machines tournantes*

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

CEI 60050(601):1985, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60050(605):1983, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 605: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Postes*

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

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60364-4-42, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-42: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les effets thermiques*

CEI 60480, *Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) prélevé sur le matériel électrique*

CEI 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60721-2-2, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations et vent*

CEI 60721-2-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-3: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Pression atmosphérique*

CEI 60721-2-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-4: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Rayonnement solaire et température*

CEI 60721-2-6, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-6: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Vibrations et chocs sismiques*

CISPR 18-1, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Première partie: Description des phénomènes*

CISPR 18-2, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Partie 2: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*



## Bibliography

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050(151):2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(195):1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050(411):1996, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 411: Rotating machinery*

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

IEC 60050(601):1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050(605):1983, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 605: Generation, transmission and distribution of electricity – Substations*

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

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60364-4-42, *Electrical installations of buildings – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60480, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) taken from electrical equipment*

IEC 60664-1, *Insulation co-ordination for equipment within low voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-2-2, *Classification of environmental conditions – Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind*

IEC 60721-2-3, *Classification of environmental conditions – Part 2-3: Environmental conditions appearing in nature – Air pressure*

IEC 60721-2-4, *Classification of environmental conditions – Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC 60721-2-6, *Classification of environmental conditions – Part 2-6: Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock*

CISPR 18-1, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment – Part 1: Description of phenomena*

CISPR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure of determining limits*

CISPR 18-3, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Partie 3: Code pratique de réduction du bruit radioélectrique*

CENELEC HD 637 S1, *Installations de puissance supérieures à 1 kV c.a.*

Guide IEEE 998-1996, *Guide pour la protection des postes contre les coups de foudre directs*

Rapport CIGRÉ 23-04:1972, *Manipulation du SF<sub>6</sub> et ses produits de décomposition dans les appareillages isolés au gaz*

Rapport CIGRÉ 23-07:1991, *Adaptation des postes à leur environnement en zones rurales ou urbaines, y compris les problèmes de bruit et de pollution du sous-sol par l'huile*

Norme industrielle globale 3990 du 06/1997: *Liquide non inflammable des transformateurs d'isolation*

---

CISPR 18-3, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment – Part 3: Code of practice for minimizing the generation of radio noise*

CENELEC HD 637 S1, *Power Installations exceeding 1 kV a.c.*

IEEE Guide 998-1996, *Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations*

CIGRÉ Report 23-04:1972, *Handling of SF<sub>6</sub> and its decomposition products in gas insulated switchgear*

CIGRÉ Report 23-07:1991, *Adaptation of substations to their environment both in urban and rural areas, including noise problems and oil pollution of subsoil*

Factory Mutual Global Standard 3990, dated 06/1997: *Less or nonflammable liquid insulated transformers*

---





## Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐  
librarian ☐  
researcher ☐  
design engineer ☐  
safety engineer ☐  
testing engineer ☐  
marketing specialist ☐  
other.....

**Q3** I work for/in/as a:  
(tick all that apply)

- manufacturing ☐  
consultant ☐  
government ☐  
test/certification facility ☐  
public utility ☐  
education ☐  
military ☐  
other.....

**Q4** This standard will be used for:  
(tick all that apply)

- general reference ☐  
product research ☐  
product design/development ☐  
specifications ☐  
tenders ☐  
quality assessment ☐  
certification ☐  
technical documentation ☐  
thesis ☐  
manufacturing ☐  
other.....

**Q5** This standard meets my needs:  
(tick one)

- not at all ☐  
nearly ☐  
fairly well ☐  
exactly ☐

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐  
standard is incomplete ☐  
standard is too academic ☐  
standard is too superficial ☐  
title is misleading ☐  
I made the wrong choice ☐  
other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,  
(2) below average,  
(3) average,  
(4) above average,  
(5) exceptional,  
(6) not applicable

- timeliness.....  
quality of writing.....  
technical contents.....  
logic of arrangement of contents .....  
tables, charts, graphs, figures.....  
other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only ☐  
English text only ☐  
both English and French texts ☐

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:  
(ex. 60601-1-1)  
.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme,  
quelle est votre fonction?  
(cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ☐  
bibliothécaire ☐  
chercheur ☐  
ingénieur concepteur ☐  
ingénieur sécurité ☐  
ingénieur d'essais ☐  
spécialiste en marketing ☐  
autre(s).....

**Q3** Je travaille:  
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ☐  
comme consultant ☐  
pour un gouvernement ☐  
pour un organisme d'essais/  
certification ☐  
dans un service public ☐  
dans l'enseignement ☐  
comme militaire ☐  
autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme  
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ☐  
une recherche de produit ☐  
une étude/développement de produit ☐  
des spécifications ☐  
des soumissions ☐  
une évaluation de la qualité ☐  
une certification ☐  
une documentation technique ☐  
une thèse ☐  
la fabrication ☐  
autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins:  
(une seule réponse)

pas du tout ☐  
à peu près ☐  
assez bien ☐  
parfaitement ☐

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à  
Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:  
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ☐  
la norme est incomplète ☐  
la norme est trop théorique ☐  
la norme est trop superficielle ☐  
le titre est équivoque ☐  
je n'ai pas fait le bon choix ☐  
autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-  
dessous en utilisant les chiffres  
(1) inacceptable,  
(2) au-dessous de la moyenne,  
(3) moyen,  
(4) au-dessus de la moyenne,  
(5) exceptionnel,  
(6) sans objet

publication en temps opportun .....  
qualité de la rédaction.....  
contenu technique .....  
disposition logique du contenu .....  
tableaux, diagrammes, graphiques,  
figures .....  
autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

uniquement le texte français ☐  
uniquement le texte anglais ☐  
les textes anglais et français ☐

**Q9** Veuillez nous faire part de vos  
observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....







ISBN 2-8318-6617-0



9 782831 866178

---

**ICS 29.020; 29.080.01**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND